ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 AVRIL 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Les ensembles rangés.*
Note ([1]) de M. **Arnaud Denjoy.**

Dans mon livre *l'Énumération transfinie*, I, j'ai donné une place importante à la notion de rang d'un élément a d'un ensemble ordonné E. Si $C(a, E)$ est la section commençante de E admettant a pour dernier élément : 1° le rang de a dans E, si ce rang propre à a existe, est identiquement défini par le type d'ordination de $C(a, E)$ indépendamment du mode d'ordination des éléments de E ultérieurs à a; l'application conforme de E sur un ensemble semblable conservera le rang de a; 2° pour que ce rang ait une existence déterminée, il faut et il suffit que $C(a, E)$ soit dissemblable à toutes ses sections commençantes.

Si cette dernière condition est satisfaite quel que soit a, je dis que l'ensemble E est *rangé*. Les ensembles bien ordonnés sont rangés.

J'ai donné deux exemples particulièrement remarquables d'ensembles dénombrables rangés, sans être bien ordonnés.

P étant un ensemble parfait linéaire totalement discontinu, $u_1, u_2, \ldots$ ses intervalles contigus énumérés, si sur le segment $\overline{u_n}$ on place n points, l'ensemble total R_1 ordonné dans le sens des abscisses croissantes est rangé (*Énumération*, p. 122-123).

(O) étant l'ensemble des nombres ordinaux de Cantor, ordonnés dans le sens de la croissance, et $S(\alpha, O)$ désignant le segment du nombre α dans (O), soit δ_{-n} un nombre ordinal de la classe II, croissant avec la valeur absolue de son indice négatif entier $(-n)$, B_{-n} un ensemble bien ordonné semblable à $S(\omega^{\delta_{-n}}, O)$, et R_2 l'ensemble ΣB_{-n}, la sommation étant ordonnée dans le sens des indices négatifs $(-n)$ croissants. R_2 est rangé (*Énumération*, p. 132-133). R_1 est ordinalement fermé et chacun de ses éléments a un conséquent, mais R_2 n'a pas d'élément initial. En faisant précéder R_2 d'un ensemble fini, il acquerrait un élément initial, et resterait fermé, mais un de ses éléments serait privé de conséquent. En faisant précéder R_2 d'un ensemble semblable à la suite des entiers positifs, il aurait un élément initial, un conséquent à chaque élément, mais il cesserait d'être fermé. Dans tous ces cas il resterait rangé, mais non bien ordonné (*Énumération*, p. 45).

([1]) Séance du 14 avril 1947.

Les conditions imposées à $C(a, E)$, pour que a puisse être regardé comme ayant un rang dans E, peuvent être vérifiées par un seul élément de E, sans l'être par les autres.

Par exemple, sur l'intervalle $i_n[1/(n+1), 1/n]$ plaçons un ensemble R_1^n semblable géométriquement à R_1, ayant pour dérivé un ensemble P_n intérieur à i_n $(n \geq 1)$. Ajoutons le point 1 à ΣR_1^n. Pour l'ensemble E obtenu (ordonné dans le sens des abscisses croissantes), la seule section commençante $C(a, E)$ dissemblable de toutes les autres correspond à $a = 1$.

Certaines propriétés des ensembles bien ordonnés appartiennent à tous les ensembles rangés. Il est intéressant de chercher ces analogies et de noter les différences.

Un ensemble rangé est dissemblable à toutes ses sections commençantes, mais il *peut être semblable à certaines de ses sections finissantes*. S'il est *bien ordonné*, et par exemple identique au segment $S(\lambda, O)$ de la suite des nombres ordinaux, *il existe une section finissante* $D(\alpha, E)$ *de* $E = S(\lambda, O)$, non identique à E, ayant α pour élément initial, telle que *toute section finissante de* E *contenant* $D(\alpha, E)$ *est semblable* à E (α est le plus grand nombre indécomposable inclus dans λ).

Si E *est simplement rangé, cette propriété n'est pas vraie en général.*

Sur l'intervalle $(n, n+1)$ $(n \geq 0)$ plaçons un ensemble semblable à R_1 [ou semblable à R_2]. L'ensemble total sera rangé (théorème IV) et il ne sera semblable qu'à ses sections finissantes communes avec les intervalles (n, ∞).

Théorème I. — *Un ensemble rangé est dissemblable à toutes ses sections non finissantes.*

La proposition n'est évidemment à justifier que pour les sections moyennes (*Énumération*, p. 21). Si J est une telle section, elle est suivie dans E par une section finissante D (et précédée par une section commençante). L'application A de E sur J appliquerait D sur une section moyenne D_1 suivie dans E par D. L'itération de A donne une suite $D, D_1, \ldots, D_n, \ldots$ de sections moyennes juxtaposées, semblables entre elles, D_{n-1} étant ultérieure à D_n, et dont la réunion forme une section finissante Δ non rangée. E ne serait donc pas rangé (*Énumération*, p. 122).

Théorème II. — *Si l'on double chaque élément d'un ensemble rangé, on obtient encore un ensemble rangé.*

Nous entendons par doubler les éléments de l'ensemble ordonné E adjoindre à tout élément a de E un élément $a+i$, la somme E' de tous ces éléments étant ainsi ordonnée : 1° $a+i$ est le conséquent de a dans E'; 2° si $a \prec b$ dans E, $a+i \prec b$ dans E'. Si E est rangé, je dis que E' l'est.

Sinon une section commençante S'_1 de E' serait semblable à une autre section commençante S'_2 de E'. Je dis que dans l'application conforme A' de S'_1 et de S'_2, tout élément $c+i$ de S'_1 s'applique sur un élément $d+i$ de S'_2. En effet, si c a un précédent dans E, et si l'on considère le précédent de celui-ci, et ainsi de suite, la chaîne s'arrête à un élément c_1 ou bien initial pour E ou bien limite du côté antérieur (à c_1); $c_1, c_2, \ldots$ sont consécutifs dans E et $c = c_k (k \geq 2)$; $c + i = c_k + i$. La chaîne $c_1, c_1 + i, \ldots, c_k, c_k + i, \ldots,$

improlongeable du côté antérieur est appliquée par A′ sur une chaîne analogue d_1, $d_1+i\ldots$, d_k, d_k+i, ... Le terme c_k+i de rang $2k$ dans la première s'applique sur le terme de même rang d_k+i dans la seconde.

Si c n'a pas de précédent dans E, il lui correspond par A′ dans S'_2 un élément δ dépourvu de précédent dans S'_2, donc dans E′. Donc $\delta=d$ appartient à E et $d+i$ correspond par A′ à $c+i$. Finalement si S_1 et S_2 sont respectivement S'_1 et S'_2 débarrassés des éléments $a+i$, A′ applique S_1 sur S_2. Donc $S_1=S_2$ et par suite $S'_1=S'_2$; E′ est rangé.

Les raisonnements seraient pareils pour prouver que E reste rangé si l'on double seulement ses éléments doués d'un précédent, ou seulement ses éléments doués d'un conséquent, ou seulement ses éléments limites d'un côté déterminé ou seulement limites bilatéralement.

THÉORÈME III. — *Un ensemble rangé ne peut être décomposé en deux sections complémentaires semblables* (l'une commençante, l'autre finissante) *que d'une seule manière au plus.*

Supposons au contraire que E rangé soit C_1+D_1, et C_2+D_2, C_1 et C_2 étant commençantes, $D_1=E-C_1$ et $D_2=E-C_2$ finissantes. Si $C_1\neq C_2$, par exemple $C_1<C_2$, d'où $D_1>D_2$, soit $J=C_2-C_1=D_1-D_2$, et A_1 l'application conforme de C_1 sur D_1, A_2 celle de C_2 sur D_2; A_2 applique J sur K_1 section finissante de D_2 (et de E), A_1 applique K_1 sur J_1 section finissante de C_2-J, A_2 applique J_1 sur K_2, section finissante de D_1-K_1, etc. On met en évidence une section finissante $\Delta=\Sigma K_n$, l'addition étant ordonnée en sens inverse de la suite des entiers positifs. Δ n'est pas rangée. E non plus.

Une somme bien ordonnée d'ensembles bien ordonnés est un ensemble bien ordonné. *Une somme rangée* F *d'ensembles rangés* E_a *est-elle rangée ?*

Il faut entendre par là que les indices a des E_a décrivent un ensemble rangé φ et que $E=\Sigma E_a$ est ordonné alphabétiquement, c'est-à-dire dans l'ordre des indices a, b pour deux éléments γ, δ appartenant respectivement à E_a et à E_b, dans l'ordre de γ et de δ selon E_a si γ et δ sont tous deux dans E_a. φ est déterminé à une similitude près.

La proposition est en toute généralité inexacte.

Soit φ identique à l'ensemble R_1. Pour un point a situé sur $\overline{u_n}$: si a est l'un des $(n-1)$ premiers éléments de φ situés sur u_n, soit E_a fini et ordonné; si a est le $n^{\text{ième}}$ élément, soit E_a semblable à la suite des entiers positifs croissants. E est semblable à celle-ci sur tout segment $\overline{u_n}$; E n'est pas rangé. Car $E=\Sigma B'_{-n}+B_{-1}$ $(n\geq 2)$ avec $B'_{-n}=B_n+S(\omega^\delta, O)=S(\omega^\delta, O)$.

De même, si φ est R_2, soit δ supérieur à tous les δ_{-n}. Si a est dans B_{-n}, soit E_a réduit à un seul élément si a est non initial pour B_{-n} et E_a semblable à $S(\omega^\delta, O)$ si a est initial de B_{-n}; E n'est pas rangé.

THÉORÈME IV. — *Une somme bien ordonnée d'ensembles rangés est rangée.*

Soit φ un segment de (O). Soient S_1 et S_2 deux sections commençantes de E qu'une application conforme A porterait l'une sur l'autre. Soit que S_1 comprenne seulement une partie de E_1 et rien de E_α pour $\alpha>1$, soit que S_1 contienne la totalité de E_1, on voit que A est l'application identique pour E_1 ou la partie de E_1 située dans S_1. On voit immédiatement l'impossibilité qu'il existe un premier rang β tel que l'application A soit l'identité pour les E_α de rang $\alpha<\beta$, sans que la même propriété existe pour β si S_1 ou S_2 contiennent au moins une partie de E_β. Donc S_1 et S_2 sont identiques.

THÉORÈME V. — *Le produit de deux ordinations rangées est une ordination rangée.*

Tous les E_a sont identiques entre eux à un même ensemble rangé H. Et le type d'ordination de E, soit T(E), est le produit $T(H) \times T(\varphi)$.

Si E n'était pas rangé, une de ses sections commençantes S_1 s'appliquerait conformément sur une autre S_2 par une opération A. Soit H_a un ensemble inclus dans S_1. A applique H_a sur tout ou partie d'ensembles H_b. Il ne peut pas y avoir plus de deux éléments b, sinon un élément intermédiaire donnerait une application de H sur une de ses sections moyennes (I). On en conclut que : ou bien A applique identiquement H_a sur H_b, ou bien une section commençante de H_a s'applique sur une section finissante de H_b, ces deux sections étant complémentaires dans H, ce qui n'est possible que d'une seule manière. Cela exige que les deux ensembles H_b, $H_{b'}$ couvrant H_a par A soient consécutifs. En remontant la chaîne finie des éléments b' et b consécutifs, on voit que cette seconde hypothèse est impossible. Chaque H_a s'applique identiquement par A sur un H_b. Mais alors, on applique une section commençante de φ sur une autre non identique à elle, ce qui est impossible. Donc E est rangé.

BOTANIQUE. — *Une Labiée inédite de la Flore française.* Note (¹) de MM. René Maire, R. Molinier et Gabriel Tallon.

Il est tout à fait exceptionnel de rencontrer dans un pays aussi bien exploré que le Midi de la France une plante supérieure inédite. Or, au début de l'été 1946, deux d'entre nous (Mo. et T.) trouvaient dans une petite mare temporaire de la plaine de la Crau (Bouches-du-Rhône), une petite Labiée du genre *Teucrium* entièrement différente de toutes les espèces françaises du genre ; mais rappelant par beaucoup de caractères le *T. campanulatum* L., plante vivant çà et là dans les dépressions inondées l'hiver de l'Afrique du Nord, de l'Italie et de l'Espagne méridionales. L'étude de cette plante nous a montré qu'elle est bien distincte du *T. campanulatum* et beaucoup plus voisine du *T. aristatum* Perez Lara, plante rarissime trouvée près de Jerez, dont elle diffère cependant par sa racine grêle et annuelle, et par quelques caractères floraux; nous la nommons *T. cravense* (de la Crau) (²).

Notre plante croissait au milieu d'un cortège de plantes spéciales aux petites mares temporaires dans la région méditerranéenne : *Myosurus minimus* L. var. *pygmæus* Thiébaut, *Lythrum bibracteatum* Jord., *L. Hyssepifolia* L., *Damasonium polyspermum* Cosson. Cette florule est tout à fait comparable à celle des dayas nord-africaines, qui sont aussi des mares desséchées l'été.

Les conditions de milieu très spéciales réalisées par ces dayas font qu'elles

---

(¹) Séance du 9 avril 1947.

(²) *Teucrium cravense* n. sp. A *T. aristato*, cui valde affine, recedit radice annua; caule sæpius unico, ramoso, erecto; corollæ calycem valde superantis lobi anterioris elliptico-lanceolati marginibus revolutis; staminibus valde exsertis; achaeniis facie externa ecostatis.

hébergent des plantes sténéciques. c'est-à-dire adaptées à des conditions de vie très étroites et assez rarement réalisées sous le climat méditerranéen. Deux exemples remarquables de cette sténécie sont fournis par l'*Elatine Brochoni* Clavaud et par le *Benedictella Benoistii* Maire. La première de ces espèces, qui n'était connue jusqu'en 1926 qu'aux bords d'un étang de la Gironde, a été retrouvée dans trois dayas d'Algérie; on ne la trouve d'ailleurs pas tous les ans dans ces localités. La seconde n'est connue que dans quelques dayas marocaines, où on ne la trouve que dans les années moyennement pluvieuses; mais elle peut être cultivée dans une plate-bande ordinaire du Muséum sous le climat de Paris. Ces faits nous paraissent indiquer qu'il s'agit, au moins dans certains cas, de plantes ayant vécu autrefois sous un climat plus humide, et réfugiées aujourd'hui dans les dayas, où elles ne se maintiennent d'ailleurs que grâce à la germination hétérochrone de leurs graines; ce qui explique la rareté extrême de beaucoup d'entres elles, et en particulier celle des *Teucrium aristatum* et *cravense*.

MICROBIOLOGIE. — *Action du suc d'Agave sur le virus rabique.* Note (¹) de MM. **Paul Remlinger** et **Jacques Bailly**.

Poursuivant l'étude des facteurs protéolytiques sur le virus rabique, nous avons fait agir sur lui le suc d'Agave. Cette plante renferme une protéinase. Il était intéressant de rechercher si une enzyme végétale exerçait sur le virus la même action inactivante que les peptidases animales.

Agave americana L. — De la pulpe de parenchyme foliaire d'Agave americana var. foliis variegatis est pressée pour en extraire le suc. On obtient un liquide incolore légèrement louche qui, après un repos de 30 minutes, s'éclaircit par floculation et sédimentation. La décantation fournit une liqueur limpide qui est mélangée volume pour volume à une émulsion à 1/50 de bulbe rachidien de Lapin virus fixe. Les propriétés de la peptidase de l'Agave étant mal connues, il a paru nécessaire de faire varier le pH des mélanges depuis l'acidité $pH = 0,8$ jusqu'à l'alcalinité $pH = 11$. Deux témoins sont formés par l'émulsion diluée de son volume d'eau et ajustée à $pH = 7,2$ dans un cas, à $pH = 11$ dans l'autre. Après un séjour de 17 heures à l'obscurité à 15°, des échantillons de chaque mélange sont inoculés sous la dure-mère du Rat à la dose uniforme de $0^{cm^3},1$. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

	Suc d'Agave americana + émulsion.			Suc d'Agave + eau.	
	pH 6,8.	pH 7,2.	pH 11.	pH 7,2	pH 11.
Rat.........	∞	∞	∞	+	+
»	∞	∞	∞	+	+

∞, survie; +, mort de rage.

(¹) Séance du 9 avril 1947.

Agave attenuata Salm. — Les feuilles sont débarrassées de leur épiderme et le parenchyme soumis à l'action d'une presse. On obtient un liquide trouble, blanchâtre, qui s'éclaircit par centrifugation. La liqueur limpide est ajoutée volume pour volume à une émulsion à 1/50 passée au papier filtre, de cerveau du Lapin virus fixe. On fait varier le pH par addition de quelques gouttes de lessive de soude très diluée. L'émulsion diluée de son volume d'eau sert de témoin. Après 17 heures de présence à 15° et à l'obscurité, on inocule de chaque mélange $0^{cm^3},02$ sous la dure-mère de la Souris.

	Suc d'Agave + Émulsion.			Émulsion + eau.
	pH 6,6.	pH 7,2.	pH 11.	pH 11.
Souris	∞	∞	∞	+
Souris	∞	∞	∞	+

Des sucs d'Aloès pris comme témoins se sont montrés incapables de détruire le virus rabique. Il en a été de même de diverses Papaïnes du commerce employées à 1/10 au voisinage de la neutralité : pH 7,2. Ces produits sont de simples drogues mal définies. Des résultats différents auraient sans doute été obtenus avec le suc même de Carica Papaya, suc qu'au Maroc il est malheureusement impossible de se procurer.

Les sucs de deux espèces d'Agaves exercent donc leur action sur le virus rabique dans les limites de pH assez tolérantes, depuis l'acidité (pH 6,6) jusqu'à l'alcalinité (pH 11). Ils doivent s'ajouter à la liste déjà longue des liquides organiques d'origine animale capables de détruire la virulence rabique *in vitro*. De ce qu'ils renferment des enzymes protéolytiques, on peut tirer un argument en faveur de la nature protéinique du virus rabique qui n'est pas encore sortie du domaine des hypothèses.

M. Roger Heim dépose sur le Bureau une *Notice* sur la vie et les travaux de son prédécesseur Alexandre Guilliermond, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et Discours*.

M. Eugène Delporte fait hommage à l'Académie d'un fascicule extrait de la *Chronique d'Égypte* et intitulé *Papyrus Michigan III* 150.

DÉSIGNATIONS.

Le Président de l'Association française pour l'étude du sol invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour la représenter au *Congrès international de Pédologie méditerranéenne*, qui se tiendra à Montpellier et à Alger du 1er au 20 mai 1947.

M. Albert Demolon est désigné.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Gaston Astre. *La Vie de Benjamin Balansa, botaniste explorateur.*

2° *The future of Nuclear Science. Princeton University. Bicentennial Conferences.* Series I. Conference I.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions bornées dans un anneau.* Note [1] de M. Zeev Nehari.

Dans une Note récente [2] nous avons obtenu des bornes pour la dérivée d'une fonction analytique définie et bornée dans un anneau $\rho^{\frac{1}{2}} < |z| < \rho^{-\frac{1}{2}}$ $(0 < \rho < 1)$ et, de plus, satisfaisant à la condition $f'(\pm 1) = 0$. Dans cette Note nous remplacerons la dernière condition par l'hypothèse $f(1) = f(-1)$ et démontrerons le théorème suivant :

Théorème. — *Soit $f(z)$ une fonction holomorphe et uniforme dans l'anneau $\rho^{\frac{1}{2}} < |z| < \rho^{-\frac{1}{2}}$, et soit $f(1) = f(-1)$ et $|f(z)| \leq 1$ dans cet anneau; alors*

$$|f'(\pm 1)| \leq \vartheta_2(\rho^2)\vartheta_3(\rho^2) = 2\sqrt{\rho}\prod_1^\infty (1-\rho^{2n})^2 \prod_1^\infty (1+\rho^{2n})^4.$$

Cette inégalité est la meilleure possible.

Démonstration. — Il suffit de démontrer le théorème pour le cas $f(1) = f(-1) = 0$, comme on le voit en considérant la fonction

$$f_1(z) = [f(z) - f(1)]\left[1 - \overline{f(1)}f(z)\right]^{-1}$$

pour laquelle

$$f_1(1) = f_1(-1) = 0 \quad \text{et} \quad f'_1(1) = f'(1)\left[1 - |f(1)|^2\right]^{-1}.$$

Par une coupure rectiligne de $z = -\rho^{-\frac{1}{2}}$ à $z = -\rho^{\frac{1}{2}}$, l'anneau donné se transforme en un domaine simplement connexe. Appelons $z = p(x)$ la fonction analytique représentant le cercle $|x| < 1$ conformément sur ce domaine et satisfaisant aux conditions $p(0) = 1$, $p'(0) > 0$. Par des raisons de symétrie il est clair que les points aux bords opposés de la coupure correspondent à des points conjugués sur la circonférence $|x| = 1$. Si $p(ie^{i\theta}) = -\rho^{-\frac{1}{2}}$, nous aurons d'une manière analogue

$$p(-ie^{-i\theta}) = -\rho^{-\frac{1}{2}}, \qquad p(ie^{-i\theta}) = -\rho^{\frac{1}{2}}, \qquad p(-ie^{i\theta}) = -\rho^{\frac{1}{2}}.$$

---

(1) Séance du 14 avril 1947.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1093.

La fonction $g(x)=f\{p(x)\}$ sera aussi holomorphe sur les arcs $|\arg \pm ix| < \theta$, $|x|=1$, et là nous aurons $g(x)=g(\bar{x})$; de plus, $g(0)=g(i)=g(-i)=0$, en vertu de $f(\pm 1)=0$.

Considérons maintenant la fonction $h(x)=g(x)\overline{g(\bar{x})}=|g'(0)|^2 x^2+\ldots$. $h(x)$ est bornée pour $|x|<1$ et holomorphe et non négative sur les arcs $|\arg \pm ix|<\theta$, $|x|=1$, et $h(\pm i)=0$. Nous allons démontrer que les propriétés de $h(x)$ entraînent l'inégalité $|h(x)| \leqq |H(x)|^2$, où

$$H(ie^{i\theta})=H(-ie^{-i\theta})=1, \qquad H(-ie^{i\theta})=H(ie^{-i\theta})=-1$$

et

$$w=H(x)=H'(0)x+\ldots \qquad (H'(0)>0)$$

représente $|x|<1$ conformément sur une surface de Riemann R définie comme suit : elle est composée de trois feuillets, l'un d'eux couvrant le cercle $|w|<1$ et les deux autres les demi-cercles $|w|<1$, $\mathcal{R}\{w\}>0$ et $|w|<1$, $\mathcal{R}\{w\}<0$ respectivement. R possède deux points de ramification, symétriques par rapport à l'axe réel, dont la position dépend de l'angle θ. La fonction $H(x)$ admet évidemment des valeurs réelles pour $|x|=1$, $|\arg \pm ix|<\theta$, et s'annule pour $x=\pm i$; sur les arcs complémentaires on a $|H(x)|=1$. Il n'est pas difficile de trouver une expression explicite pour la fonction algébrique $H(x)$, mais cela ne sera pas nécessaire.

La fonction $H(x)$ complètement définie, nous considérons le quotient $v(x)=h(x)/H^2(x)=|g'(0)|^2/H'^2(0)+\ldots$; $H(x)$ ne s'annulant dans $|x|<1$ que pour $x=0$ et ne possédant des zéros sur la circonférence $|x|=1$ qu'aux points $x=\pm i$, ces zéros étant simples, on conclut que $v(x)$ est holomorphe dans $|x|<1$ et aussi sur les arcs $|x|=1$, $|\arg \pm ix|<\theta$. De plus, $|H(x)|$ étant égal à 1 sur les arcs complémentaires et $|g(x)|$ étant borné, on aura $\overline{\lim}_{t \to 1} |v(te^{i\varphi})| \leqq 1$ pour $|\varphi|<(\pi/2)-\theta$, $|\pi-\varphi|<(\pi/2)-\theta$; pour $|(\pi/2)-\varphi|<\theta$ et $|(3\pi/2)-\varphi|<\theta$, $v(e^{i\varphi})$ est holomorphe et non négative. De ces propriétés on conclut que $|v(x)| \leqq 1$ pour $|x|<1$; en effet, si $v(x)$ n'était pas bornée et S désigne l'image conforme du cercle-unité par $w=v(x)$, S posséderait des points-frontière en dehors de $|w|=1$. De ce que nous venons de montrer il suit que les seuls points-frontière possibles en dehors de $|w|=1$ sont situés sur l'axe positif. Pour éviter une contradiction, il faut donc supposer que $w=\infty$ est aussi un point-frontière de S; mais cela est impossible, car dans les points pour lesquels $v(x)$ peut prendre des valeurs positives et supérieures à l'unité, $v(x)$ est holomorphe. Nous avons donc $|v(x)| \leqq 1$, d'où $|h(x)| \leqq |H(x)|^2$. Pour $x=0$, cela donne $|g'(0)| \leqq H'(0)$.

En vertu de la définition de $z=p(x)$, la fonction

$$\mathcal{F}(x)=H\{p^{-1}(z)\}=\left(\frac{H'(0)}{p'(0)}\right)(z-1)+\ldots$$

représente l'anneau $\rho^{\frac{1}{2}}<|z|<\rho^{-\frac{1}{2}}$ muni de la coupure rectiligne de $z=-\rho^{-\frac{1}{2}}$

à $z = -\rho^{\frac{1}{2}}$ sur la surface R. La fonction $f(z)$ peut être écrite sous la forme

$$f(z) = g\{p^{-1}(z)\} = \left(\frac{g'(0)}{p'(0)}\right)(z-1)+\ldots.$$

En vertu de $|g'(0)| \leq H'(0)$, nous avons donc $|f'(1)| \leq |\mathcal{F}'(1)|$. Cette inégalité est du type désiré, mais pour montrer qu'elle est bien la meilleure possible, il faut encore faire voir que la fonction $\mathcal{F}(z)$ est homolorphe et uniforme dans l'anneau complet, c'est-à-dire sans la coupure mentionnée. Pour cela, nous considérons la surface de Riemann R' doublement connexe qui est composée de deux exemplaires du circuit-unité et possède deux points de ramification sur l'axe imaginaire également distants de l'origine; la fonction réelle représentant l'anneau sur R' sera désignée par $w = \mathcal{F}^{\star}(z)$. Il est clair (par symétrie) que $\mathcal{F}^{\star}(1) = \mathcal{F}^{\star}(-1) = 0$; de plus, une coupure rectiligne de $z = -\rho^{-\frac{1}{2}}$ à $z = -\rho^{\frac{1}{2}}$ correspond à une coupure le long de l'axe réel de $w = -1$ à $w = 1$. Mais cette coupure transforme R' en la surface R mentionnée ci-dessus. Par conséquent, $\mathcal{F}^{\star}(z) \equiv \mathcal{F}(z)$, et l'inégalité $|f'(1)| \leq |\mathcal{F}'(1)|$ est donc exacte.

A l'aide des propriétés bien connues de la fonction elliptique $\operatorname{sn} u$, il est aisé de voir que la fonction $\mathcal{F}(z)$ est de la forme $\mathcal{F}(z) = \iota\sqrt{k}\operatorname{sn}\{-i\vartheta_3^2 \log z\}$, la fonction elliptique possédant les périodes $4k = 2\pi\vartheta_3^2(\rho^2)$, $2ik' = -i\log\rho\,\vartheta_3^2(\rho^2)$, d'où

$$|f'(\pm 1)| \leq |\mathcal{F}'(\pm 1)| = 2\sqrt{\rho}\prod_1^{\infty}(1-\rho^{2n})^2\prod_1^{\infty}(1+\rho^{2n})^4.$$

THÉORIE DE LA MESURE. — *Sur la généralisation de la notion de système dérivant.* Note (¹) de M. **René de Possel**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Le but de cette Note est de généraliser et de compléter la théorie des systèmes dérivants que j'ai développée dans deux articles antérieurs (²). Un tel système sera maintenant constitué en associant à chaque point un filtre (³) sur l'ensemble des fonctions mesurables. Le théorème I ci-après généralise directement mes résultats anciens. Le théorème II donne une condition suffi-

---

(¹) Séance du 24 mars 1947.

(²) *Comptes rendus*, **201**, 1935, pp. 579-581, et *Journ. Math. pures et appliquées*, **15**, 1936, pp. 391-409 : *Sur la dérivation abstraite des fonctions d'ensemble*. Quelques-uns des résultats contenus dans ces deux articles semblent avoir été retrouvés indépendamment par Younovicht (*C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, **30**, 1941, pp. 112 à 114), analysé dans *Mathematical Reviews*, **2**, 1941, p. 353.

(³) L'intérêt qui s'attache à considérer des systèmes dérivants formés de filtres m'a été signalé en particulier par C. Pauc.

sante plus large que l'ancienne pour qu'un système soit fortement dérivant. Enfin la théorie sous sa nouvelle forme permet l'étude de la dérivation des fonctions d'ensemble quelconques à variation bornée comme je l'indiquerai dans une prochaine Note.

2. Considérons une mesure $m \geqq 0$, dénombrablement additive, définie pour des parties d'un ensemble E formant une *tribu* $\mathcal{T}$ (c'est-à-dire contenant avec deux ensembles leur différence et avec une infinité dénombrable d'ensembles leur réunion). Désignons par $\mathcal{T}'$ l'ensemble des éléments de $\mathcal{T}$ de mesure finie, et supposons que E soit la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles de $\mathcal{T}'$.

Rappelons que pour un ensemble A non mesurable, on définit une mesure extérieure $\overline{m}(A)$ et qu'il existe un ensemble mesurable $\overline{A} \supset A$ tel que $\overline{m}(A) = m(\overline{A})$; nous dirons qu'une propriété a lieu « en presque tout point x » si l'ensemble des points où elle n'a pas lieu est de mesure *extérieure* nulle.

Désignons par $\mathcal{U}$ l'ensemble des fonctions $f(x)$ prenant des valeurs finies non négatives, nulles hors d'un ensemble de $\mathcal{T}'$, mesurables par rapport à m, et telles que $\int f\,dm > 0$, par $\mathcal{S}$ un système de filtres obtenu en associant à chaque point x de E un filtre $\mathcal{F}_x$ sur $\mathcal{U}$, et par $\vec{\mathfrak{F}}$ une fonction d'ensemble dénombrablement additive, prenant ses valeurs dans un espace vectoriel normé complet, définie et à variation bornée sur tout ensemble de $\mathcal{T}'$.

Posons, à condition que la limite existe,

$$\vec{D}(x) = \lim_{\mathcal{F}_x} \frac{\int f\,d\vec{\mathfrak{F}}}{\int f\,dm}.$$

3. Supposons de plus $\vec{\mathfrak{F}}$ *de base m*, c'est-à-dire que $m(B) = 0$ entraîne $\vec{\mathfrak{F}}(B) = 0$. Si $\vec{D}(x)$ existe pour presque tout point x et vérifie quel que soit $B \in \mathcal{T}'$ l'égalité

$$\vec{\mathfrak{F}}(B) = \int_B \vec{D}(x)\,dm,$$

c'est-à-dire si $\vec{D}(x)$ est une « pseudo-dérivée de Nikodym » de $\vec{\mathfrak{F}}$, nous dirons que $\mathcal{S}$ *dérive* $\vec{\mathfrak{F}}$.

Nous dirons que $\mathcal{S}$ est *faiblement dérivant* s'il dérive toute fonction $\vec{\mathfrak{F}}$ *lipschitzienne*, c'est-à-dire vérifiant une inégalité $\|\vec{\mathfrak{F}}(B)\| < km(B)$, et *fortement dérivant* s'il dérive en outre toute fonction $\vec{\mathfrak{F}}$ de base m. On démontre les théorèmes suivants :

Théorème I. — *Soit $\mathcal{V}$ un système obtenu en associant à chaque point x un ensemble* F_x *de fonctions rencontrant tous les ensembles de* $\mathcal{F}_x$, A *une partie de* E

telle que $0 < m(\overline{A}) < +\infty$. *Pour que* $\mathcal{S}$ *soit faiblement dérivant il faut et il suffit que l'une des deux conditions suivantes soit vérifiée :*

A. *Quels que soient* $\mathcal{V}$, A *et* $\varepsilon > 0$, *il existe un point* x *de* A, *une fonction* ψ *de* F_x *et un nombre* $\lambda > 0$ *tels que*

$$\int \mathrm{Inf}(\varphi_{\overline{A}}, \lambda\psi)\, dm \geq (1-\varepsilon) \int \lambda\psi\, dm$$

(Inf désigne la borne inférieure des deux fonctions, et φ_B la fonction caractéristique de l'ensemble B).

B. *Quels que soient* $\mathcal{V}$, A *et* $\varepsilon > 0$, *il existe un nombre fini de points* x_i *de* A, *de fonctions* ψ_i *appartenant à* F_{x_i}, *et de* $\lambda_i > 0$ *tels que*

$$\int |\varphi_{\overline{A}} - \Sigma\lambda_i\psi_i|\, dm < \varepsilon.$$

THÉORÈME II. — *Pour qu'un système* $\mathcal{S}$ *soit fortement dérivant, il suffit qu'il vérifie la condition suivante :*

B*. *Quels que soient* $\mathcal{V}$ *et* A, *on peut trouver un ensemble* $A' \subset A$ [*avec* $m(\overline{A'}) > 0$], *et un nombre* $P > 0$, *tels que, pour tout* $\varepsilon > 0$, *il existe un nombre fini de points* x_i *de* A', *de fonctions* ψ_i *appartenant à* F_{x_i}, *et de* $\lambda_i > 0$, *vérifiant l'inégalité*

$$\int |\varphi_{\overline{A'}} - \Sigma\lambda_i\psi_i|\, dm < \varepsilon,$$

et d'autre part, en presque tout point x *n'appartenant pas à* $\overline{A'}$, *vérifiant* $\Sigma\lambda_i\psi_i(x) \leq P$.

TOPOLOGIE. — *Note sur les produits essentiels symétriques des espaces topologiques.* Note (¹) de M. **Wen-Tsün Wu**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans un espace topologique donné E prenons un ensemble arbitraire de n points $\{x_1, \ldots, x_n\}$ qui ne sont nécessairement pas tous différents. Deux ensembles $\{x_1, \ldots, x_n\}$ et $\{y_1, \ldots, y_n\}$ sont considérés comme identiques si chaque x_i est égal à un certain y_j et chaque y_i est égal à un certain x_j. Nous définissons, d'après MM. Borsuk et Ulam (²), dans cet espace une topologie d'une manière naturelle. L'espace topologique ainsi obtenu s'appelle produit essentiel symétrique de l'espace E et sera désigné par $E(n)$. L'objet de cette Note est d'étudier des propriétés topologiques et en particulier de déterminer les groupes d'homologie des espaces $I(n)$ et $C(n)$, où I est un intervalle fermé et C est un cercle.

Considérons d'abord le cas de $I(n)$. On remarque qu'un point de $I(n)$

(¹) Séance du 9 avril 1947.

(²) *Bull. Amer. Math. Soc.*, 37, 1931, pp. 875-882.

peut être représenté par un ensemble des valeurs $\{x_1, \ldots, x_n\}$ telles que $0 \leqq x_1 \leqq \ldots \leqq x_n \leqq 1$.

Prenons dans l'espace euclidien à n dimensions R^n, $n+1$ points

$$\begin{aligned} A_0 &= (0, 0, \ldots, 0, 0), \\ A_1 &= (1, 1, \ldots, 1, 1), \\ A_2 &= (0, 1, \ldots, 1, 1), \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ A_n &= (0, 0, \ldots, 0, 1). \end{aligned}$$

Désignons par $[x_0, \ldots, x_n]$ le point du simplexe $\sigma^n = A_0 A_1 \ldots A_n$ dont les coordonnées barycentriques sont $x_0, \ldots, x_n$. La transformation

$$f:\ [x_0, \ldots, x_n] \to \{x_1, x_1+x_2, \ldots, x_1+\ldots+x_n\}$$

est une transformation continue de σ^n sur $I(n)$. Deux points $[x_0, \ldots, x_n]$ et $[y_0, \ldots, y_n]$ ont la même image s'il existe des entiers $i_1 \geqq 1, \ldots, i_k \geqq 1$, $j_1 \geqq 1, \ldots, j_k \geqq 1$ tels que l'on ait

$$\sum_{i=0}^{n} x_i = \sum_{i=0}^{n} y_i = 1,$$

$$\begin{aligned} &x_2 = \ldots = x_{i_1} = 0, && y_2 = \ldots = y_{j_1} = 0, \\ &x_{i_1+2} = \ldots = x_{i_1+i_2} = 0, && y_{j_1+2} = \ldots = y_{j_1+j_2} = 0, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots, && \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ &x_{i_1+\ldots+i_{k-1}+2} = \ldots = x_{i_1+\ldots+i_k} = 0; && y_{j_1+\ldots+j_{k-1}+2} = \ldots = y_{j_1+\ldots+j_k} = 0; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_0 &= y_0, \\ x_1 &= y_1, \\ x_{i_1+1} &= y_{j_1+1}, \\ &\ldots\ldots\ldots, \\ x_{i_1+\ldots+i_{k-1}+1} &= y_{j_1+\ldots+j_{k-1}+1}. \end{aligned}$$

Il en résulte que l'espace déduit de σ^n par l'identification de toutes les paires de simplexes ordonnés

$$\begin{aligned} &A_0 A_1 A_{i_1+1} \ldots A_{i_1+\ldots+i_{k-1}+1}, \\ &A_0 A_1 A_{j_1+1} \ldots A_{j_1+\ldots+j_{k-1}+1} \end{aligned}$$

est homéomorphe à $I(n)$. Nous avons donc le théorème suivant :

Théorème I. — *Soit* $I'(n)$ *le complexe déduit du simplexe* $A_2 \ldots A_n$ *par l'identification de tous les simplexes ordonnés de la table suivante :*

$$\begin{aligned} &A_3 A_4 A_5 \ \ldots\ A_{n-1} A_n, \\ &A_2 A_4 A_5 \ \ldots\ A_{n-1} A_n, \\ &A_2 A_3 A_5 \ \ldots\ A_{n-1} A_n, \\ &\ldots\ldots \ \ldots\ \ldots\ldots \\ &A_2 A_3 A_4 \ \ldots\ A_{n-2} A_{n-1}. \end{aligned}$$

Alors $I(n)$ *est homéomorphe à l'union de* $I'(n)$ *et d'un intervalle* $A_0 A_1$.

Borsuk et Ulam ont démontré que $I(n)$ ne peut pas être plongé dans R^n lorsque $n \geqq 4$. Avec notre théorème il serait facile de voir que $I(4)$ peut être plongé dans R^5. En effet $I'(4)$ est un triangle $A_2A_3A_4$ avec l'identification des côtés A_2A_3, A_2A_4, A_3A_4. Donc $I'(4)$ peut être plongé dans R^3. En prenant dans R^5 un intervalle A_0A_1 sur une droite qui ne rencontre pas R^3, on voit que l'union de A_0A_1 et $I'(4)$, c'est-à-dire $I(4)$, est plongé dans R^5. Ce théorème a été démontré par M. Haratomi [3].

L'espace $C(n)$ se déduit de $I(n)$ par l'identification des points frontières 0 et 1 de l'intervalle I. Cela correspond à l'identification des points

$$[y_1, 0, y_2, \ldots, y_n] \quad \text{et} \quad [0, y_2, \ldots, y_n, y_1].$$

Cette observation conduit aux résultats suivants :

Théorème II. — $C(n)$ *est homéomorphe au complexe déduit de* σ^n *par les identifications de la table suivante* :

$$\left\{\begin{array}{lll} A_0A_1A_3A_4A_5 & \ldots & A_{n-1}A_n \\ A_0A_1A_2A_4A_5 & \ldots & A_{n-1}A_n \\ A_0A_1A_2A_3A_5 & \ldots & A_{n-1}A_n \\ \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ A_0A_1A_2A_3A_4 & \ldots & A_{n-2}A_{n-1}, \end{array}\right.$$

$$\left\{\begin{array}{lll} A_0A_2A_3 & \ldots & A_n \\ A_nA_1A_2 & \ldots & A_{n-1}. \end{array}\right.$$

Théorème III. — $C(n)$ *est une* H-*sphère lorsque n est impair. Pour n pair, les seuls groupes d'homologie non nuls sont* H^0 *et* H^{n-1}, *qui sont d'ailleurs isomorphes au groupe additif des entiers.*

Comme $I(n)$ est un H-simplexe, toutes les transformations de $I(n)$ en lui-même ont au moins un point fixe. La situation est différente pour $C(n)$. Soient $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$ la coordonnée angulaire sur C et α une valeur inférieure à $2\pi/n$. La transformation

$$f: \{\theta_1, \ldots, \theta_n\} \to \{\theta_1 + \alpha, \ldots, \theta_n + \alpha\},$$

est une transformation de $C(n)$ en lui-même qui ne possède pas de points fixes.

HYDRAULIQUE. — *Manœuvre provoquant la surpression maxima pour une fermeture bilinéaire. Application à l'usine des Brévières.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

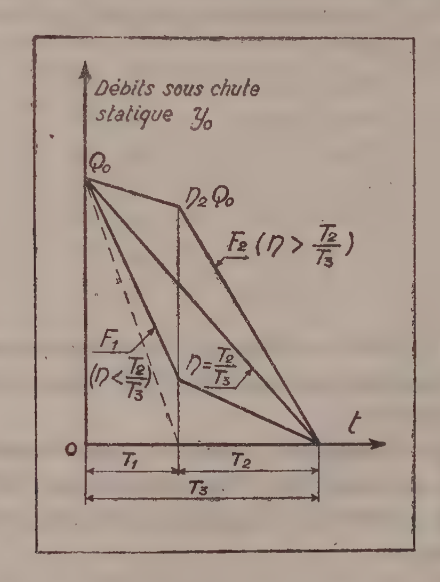
Dans le cas d'une variation linéaire, M. Gariel a démontré que la surpression maxima est atteinte lors d'une fermeture complète intervenant à partir d'une

(3) *Jap. Journal of Math.*, 9, 1932, pp. 103-110.

(1) Séance du 9 avril 1947.

ouverture initiale de débit $Q_0\theta/T$ (Q_0 débit maximum, T durée de la fermeture de Q_0 à o, $\theta = 2L/a$, durée d'un aller-retour d'onde d'un bout à l'autre de la conduite); cette fermeture, de durée θ, produit au distributeur une surpression donnée par la formule classique de Michaud.

Lorsque les turbines comportent des déchargeurs, leur manœuvre, combinée à celle du vannage pendant une durée T_1, puis seule, durant le temps T_2, conduit à une loi d'arrêt du débit Q_0 qu'on peut représenter, dans l'hypothèse la plus simple, par deux variations linéaires consécutives, le débit conduite variant de Q_0 à ηQ_0 pendant T_1, puis de ηQ_0 à o pendant T_2. Comme l'indique la figure, deux cas peuvent se présenter : suivant que η est plus petit (loi F_1) ou plus grand (loi F_2) que la valeur T_2/T_3 pour laquelle la vitesse de fermeture serait uniforme et égale à Q_0/T_3 d'un bout à l'autre de la manœuvre.



Dans ces conditions, l'étude critique des diverses manœuvres susceptibles d'intervenir nous a permis de mettre en évidence les résultats suivants : la surpression maximum:

$$\xi_{max} = \lambda \frac{KQ_0}{\mu}, \quad \text{avec} \quad K = \frac{\theta}{T_1}, \quad \mu = \frac{gs}{a},$$

s désignant la section de la conduite, peut se produire, suivant les données numériques, dans l'une ou l'autre des manœuvres suivantes :

1° Avec la loi F_1, lors d'un déclenchement intervenant à partir d'un débit initial $Q_0\theta/T_1$; on a alors

$$\lambda = \lambda' = 1 + \frac{KQ_0\eta^2}{2\mu y_0} - \eta\sqrt{1 + \frac{KQ_0}{\mu y_0}\left(1 + \frac{KQ_0\eta^2}{4\mu y_0}\right)}.$$

2° Avec la loi F_2, lors d'un déclenchement intervenant à partir d'un débit

initial $Q_0\theta/T_2$; on doit alors retenir pour λ la plus forte des deux valeurs suivantes :

$$\lambda = \lambda_A = \frac{T_1}{T_2}\left\{ 1 + \frac{KQ_0}{\mu}\frac{\eta^2}{2y_0}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^3 - \eta\frac{T_1}{T_2}\sqrt{1 + \frac{KQ_0}{\mu}\frac{1}{y_0}\frac{T_1}{T_2}\left[1 + \frac{KQ_0}{\mu}\frac{\eta^2}{4y_0}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^3\right]}\right\},$$

$$\lambda = \lambda_B = \frac{T_1}{T_2}\left\{-1 + \frac{KQ_0}{\mu}\frac{\eta^2}{y_0}\frac{T_1}{T_2}\left[-1 + \sqrt{\frac{4y_0}{\left(\frac{KQ_0}{\mu}\frac{T_1}{T_2}\eta\right)^2}\left(y_0 + \frac{KQ_0}{\mu}\frac{T_1}{T_2}\right)}\right]\right\}.$$

3° Dans les deux cas, loi F_1 ou F_2, lors d'une suppression de la charge de $Q_0\theta/T_3$ à zéro avec une vitesse de coupure Q_0/T_3 du débit conduite juste suffisante pour ne pas faire entrer en action le déchargeur : cette manœuvre *Michaud*, qui ne correspond pas à un simple déclenchement, sans être absolument irréalisable, se rattache toutefois à une probabilité des plus faibles; on a alors

$$\lambda = \lambda_M = \frac{T_1}{T_3}.$$

Conclusion. — On voit que la surpression maxima et les circonstances de son apparition s'obtiennent immédiatement en retenant la plus forte des valeurs comparées de :

λ_M et λ' pour une loi de fermeture F_1;

λ_M, λ_A et λ_B pour une loi de fermeture F_2.

Application à la chute des Brevières. — La grande variation de chute de cette usine a conduit M. le directeur Thaller, Maître de l'Œuvre, et les Établissements Schneider, à étudier une régulation comportant une fermeture bilinéaire du débit conduite pouvant se présenter, selon la hauteur de chute et suivant les variantes envisagées, sous la forme F_1 ou sous la forme F_2.

Soit ξ'' le maximum de la surpression consécutive à un déclenchement à pleine charge $(Q = Q_0)$, les considérations précédentes conduisent aux résultats suivants ($T_1 = 4,675$ sec., $K = 0,40$, $\mu = 0,0855$) :

a. Variantes F_1. — $Q_0 = 50\ m^3/sec$, $\eta = 0,72$, $T_2 = 24,8$ sec;

avec $y_0 = 220^m$:

$$\xi_{max}(\lambda') = 47^m,5 \quad \text{et} \quad \xi'' = 36^m,$$

avec $y_0 = 87^m$:

$$\xi_{max}(\lambda_M) = 34^m,5 \quad \text{et} \quad \xi'' = 31^m,5.$$

b. Variantes F_2. — $T_2 = 42,1$ sec;

avec $y_0 = 130^m$, $Q_0 = 50\ m^3/sec$, $\eta = 0,935$:

$$\xi_{max}(\lambda_M) = 23^m,40 \quad \text{et} \quad \xi'' = 12^m,50;$$

avec $y_0 = 87^m$, $Q_0 = 39,2\ m^3/sec$, $\eta = 0,975$:

$$\xi_{max}(\lambda_B) = 19^m,20 \quad \text{et} \quad \xi'' = 11^m,25.$$

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le plus profond réseau souterrain du monde à la Dent de Crolles.* Note (¹) de M. **Pierre Chevalier**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Le Spéléo-Club Alpin de Lyon termine l'exploration du réseau souterrain de la Dent de Crolles, massif de 2066^m qui domine la vallée de l'Isère, à une quinzaine de kilomètres de Grenoble.

Ce réseau est actuellement le plus profond du monde, la dénivellation entre ses orifices extrêmes atteignant 658^m. Jusqu'à cette année ce record de la spéléologie était détenu par le gouffre italien de la Preta avec 637^m. Mais tandis que ce dernier est constitué par une succession de grands ressauts verticaux, la Dent de Crolles renferme un réseau hydrogéologique complet, déroulant ses 17^{km} de galeries entre le plateau d'absorption et la résurgence du Guiers Mort, ce qui le classe également comme une des plus longues grottes d'Europe.

L'exploration de cet immense réseau peut être considérée comme la plus difficile des réalisations spéléologiques connues, du fait de la multiplicité des obstacles rencontrés.

E. A. Martel, en 1899, puis un groupement grenoblois, de 1920 à 1933, enfin Robert de Joly, en 1933, avaient parcouru environ 2^{km} de galeries au Trou du Glaz, où de Joly avait atteint une profondeur de 119^m et montré par un essai de coloration la correspondance avec le Guiers Mort.

En 1935, Pierre Chevalier prend la direction des recherches. Avec ses principaux coéquipiers, Fernand Petzl et Charles Petit-Didier, durant onze années, il organise une soixantaine d'expéditions, totalisant plus de 1000 heures sous terre. Actuellement le réseau comprend six entrées, dont quatre sont déjà reliées entre elles ou sur le point de l'être : les plus anciennement connues sont le Trou du Glaz (1697^m) sur la face Ouest de la Dent de Crolles, et la Grotte du Guiers Mort (1311^m), résurgence de tout le réseau hydrologique, à la base de la face Nord.

De 1935 à 1938, l'équipe explore le Trou du Glaz, descendant cinq réseaux de grands puits dont plusieurs dépassent 60^m. Ces puits, fortement arrosés par des cascades à 4 degrés, sont un des plus pénibles obstacles du Glaz. L'équipe atteint ainsi une profondeur de 224^m, mais sans trouver d'issue en direction du Guiers Mort.

En 1939 le réseau est attaqué par sa résurgence, la Grotte du Guiers Mort, connue sur 200^m seulement, et terminée par un siphon. Deux désobstructions étant coup sur coup réussies dans une petite galerie supérieure, la progression est reprise à plat ventre le long de 500^m de boyaux très bas, et l'on retrouve

(¹) Séance du 14 avril 1947.

enfin le torrent souterrain, qui serpente au fond d'un cañon profond de 15^m. Par une succession de galeries et de boyaux, de bassins et de cascades, Chevalier et Petzl remontent en septembre 1940 le cours du Guiers Mort sur 2^{km}, et parviennent à l'aplomb des galeries du Glaz.

Enfin, en 1941, ils parviennent à suivre intégralement un système complexe de fissures extrêmement étroites et d'énormes puits qui les conduit du Glaz jusqu'aux galeries du Guiers Mort découvertes l'année précédente. L'ensemble, avec ses 427^m de dénivellation, est alors le goufre le plus profond de France.

Après ce premier succès, c'est au problème de l'origine du réseau que l'on va s'attaquer. Celle-ci est double, car au réseau en activité qui prend naissance dans les lapiaz du plateau, s'ajoute un réseau fossile dont on ignore les entrées possibles. Des recherches systématiques, basées sur l'étude scientifique du réseau, conduisent en 1943 à la découverte au Glaz d'une nouvelle galerie. Après un parcours de 2^{km}, celle-ci se termine par un éboulement que les relevés topographiques situent à proximité de la face Est de la Dent de Crolles.

Cette nouvelle donnée amène la découverte de trois grottes qui s'ouvrent à la base de la face Est.

La première, grotte Pierre Chevalier, n'est à première vue qu'un abri sous roche; mais après quelques heures de travail, le fond formé d'éboulis est débouché et donne accès à une immense grotte, dont la galerie principale s'enfonce à 160^m sous l'entrée pour un parcours de 800^m, avec les dimensions exceptionnelles de 20 à 30^m de largeur pour 8 à 10 de hauteur.

La deuxième, grotte Annette Bouchacourt, obstruée à 60^m de l'entrée, est attaquée à son tour; c'est par elle que l'on rejoindra les galeries du Glaz en 1946, après avoir forcé cinq passages qui demanderont de longs travaux de désobstruction. La troisième, grotte Fernand Petzl, est un autre accès vers la grotte Chevalier.

Reste enfin le problème le plus difficile : suivre le trajet de l'eau entre le plateau et les puits du Glaz. Ayant exploré en vain les gouffres du plateau et essayé sans succès de désobstruer le fond de plusieurs d'entre eux, l'équipe s'attaque en 1942 à la remontée des grands puits verticaux qui débouchent dans le Glaz. Utilisant un mât démontable de 18^m, elle parvient par une succession de manœuvres souvent très risquées, à escalader en 1945 le principal de ces puits, qui atteint en plusieurs ressauts une hauteur totale de 100 mètres.

Poursuivant son avance vers le haut par d'étroits méandres, elle accède à une nouvelle série de puits qu'elle remonte en août 1946. L'ultime expédition dure 35 heures; arrivée à près de 250^m au-dessus de sa base de départ, elle est arrêtée devant une dernière fissure, trop étroite pour laisser le passage d'un homme, mais par laquelle on aperçoit le jour éclairant les parois d'un puits.

Après de longues recherches sur le plateau, celui-ci est identifié : c'est un des grands gouffres du lapiaz, le P. 40, qui s'ouvre à 1969^m d'altitude. Jusqu'à présent, seule une barre à mine envoyée par l'intérieur a franchi le court espace

séparant les deux côtés de la fissure et est ressortie par le P. 40; mais il ne faudra que quelques heures de travail au printemps prochain pour forcer ce dernier passage et mettre un point final à l'exploration du plus grand gouffre du monde.

Les résultats scientifiques recueillis au cours de ces expéditions feront l'objet d'une Communication ultérieure.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les concepts fondamentaux de la théorie physique. Énergie et action.* Note (¹) de M. **Georges-Albert Boutry.**

L'espace et le temps ont été longtemps utilisés par la théorie physique comme des données directes. Leur emploi comme grandeurs fondamentales avait le grand avantage de permettre des raisonnements très concrets. Cet avantage a grandement diminué lorsque la théorie de la relativité est venue changer nos idées à leur égard. Il est opparu que la notion commune du continuum espace-temps n'est pas physiquement utile en toute rigueur Il a fallu la réviser et cette révision l'a remplacée par un concept très abstrait.

D'autre part, il est permis de se demander dans quelle mesure les notions d'espace et de temps sont bien des données directes. L'auteur de la présente Note a eu l'occasion de remarquer que les perceptions de nos sens paraissent toutes d'ordre énergétique et que c'est leur analyse qui nous conduit aux notions de force et d'espace (²). Il a constaté depuis qu'il n'avait rien dit de nouveau : la même idée a été exprimée par Ampère, de manière voisine (³). Quant au concept de temps, il est bien difficile de le considérer comme concret; s'il est direct, il est diffus et d'ordre intérieur.

De telles considérations, résumées ici avec une extrême brièveté, amènent à se demander s'il n'est pas possible d'élaborer une théorie physique dans laquelle le continuum espace-temps céderait la place, dans l'ordre des grandeurs fondamentales à d'autres concepts plus satisfaisants, c'est-à-dire moins discutés dans leur essence, ou plus immédiats que lui.

Un premier concept qui pourrait convenir à cet égard est celui d'énergie, W, considéré comme donnée sensorielle immédiate sous certaines de ses formes. D'après une Note précédente (⁴), le remplacement comme grandeur fondamentale de [L] par [W] est possible, la notion de temps étant conservée dans cette transformation. Dans une telle conception, les grandeurs ν, ε, ... qualifieraient l'énergie sous ses diverses formes; le concept d'espace deviendrait une

---

(¹) Séance du 31 mars 1947.

(²) *Introduction à l'Art de la Mesure*, Paris, 1942.

(³) *Correspondance d'André Ampère*, **1**, lettres 147, 149.

(⁴) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1052.

conséquence de ces deux derniers; il ne pourrait exister d'espace que s'il existe de l'énergie : il n'y aurait pas d'*espace en soi*.

Cela fait, remplacer le concept fondamental de temps devient malaisé. Une proposition qui paraît raisonnable à cet égard concerne le concept d'*action*. On ne prétend pas que ce concept soit plus immédiat ou plus concret; tout au contraire, comme M. L. de Broglie l'a noté ([5]), l'action a un caractère tout abstrait. Mais, si embarrassant qu'il soit à manier, le rôle considérable que ce concept paraît destiné à jouer dans toute théorie physique générale ne semble plus nié par personne. Or, entre les dimensions de l'*action*, de l'*énergie* et du *temps* existe la relation très simple

(1) $$[A]=[W][T].$$

Une définition du temps doit donc pouvoir être obtenue par référence à des postulats fondamentaux concernant l'énergie, d'une part, l'action, d'autre part.

Cela posé, le postulat de Newton-Einstein admis, les équations de passage entre le système classique et le système nouveau s'écrivent comme

(2) $$[T]=[A][W]^{-1}; \qquad [M]^5=[W][A]^2[\nu]^2; \qquad [L]^5=[W]^{-3}[A]^4[\nu]^{-1}.$$

Une transformation analogue est possible dans une théorie physique qui rejetterait le Postulat de Newton-Einstein. La symétrie statique exprimée par

(3) $$[m]^2[\nu]^{-1}=[q]^2[\varepsilon]^{-1}=\ldots$$

est naturellement conservée. L'énergie cinétique qui apparaît dans les phénomènes dynamiques est alors qualifiée par une grandeur fondamentale indépendante, la masse (inerte) $[M]$, exactement comme $[\nu]$, $[\varepsilon]$, ... qualifient les autres formes de l'énergie. Le logicien note, pourtant, que dans nos idées actuelles, M a un caractère *localisé* alors que les grandeurs ν, ε, ... sont *diffuses*.

Le rejet du Postulat de Newton-Einstein entraîne une modification des dimensions de $[L]$. Les bases du système et les équations de passage sont désormais

(4) $$\begin{cases} [A], \quad [W], \quad [M], \quad [\nu], \quad [\varepsilon], \quad \ldots, \\ [T]=[A][W]^{-1}, \qquad [L]=[A][W]^{-\frac{1}{2}}[M]^{-\frac{1}{2}}. \end{cases}$$

les dimensions des *charges* et des *graves* s'écrivent alors

(5) $$[m]^4=[A]^2[W][M]^{-1}[\nu]^2, \qquad [q]^4=[A]^2[W][M]^{-1}[\varepsilon]^2, \qquad \ldots.$$

En résumé :

1° Le continuum espace-temps, considéré en soi est une notion qui ne paraît pas relever de l'ordre physique. Une espace où il n'y a pas d'énergie, un temps

([5]) L. de Broglie, *Thèse*, Paris, 1924, p. 11.

d'où toute action est absente sont deux concepts qu'aucun phénomène physique ne semble légitimer.

2° L'emploi comme grandeurs fondamentales de l'espace et du temps dans la théorie physique n'est pas une nécessité. Si l'esprit humain est capable d'un effort d'abstraction suffisant, il doit être possible d'élaborer une théorie physique dans laquelle les concepts fondamentaux d'énergie et d'action remplacent ceux d'espace et de temps. La troisième grandeur fondamentale d'un tel système, multiple, caractérise la forme d'énergie étudiée. Le caractère géométrique d'une semblable théorie serait fort affaibli. Il serait désirable de chercher ce qu'y deviendrait la notion de causalité.

PHYSIQUE. — *Dispositif amplificateur des faibles déviations d'un galvanomètre.* Note (¹) de M. **Raymond Birebent**, transmise par M. Charles Camichel.

Poursuivant des recherches qui impliquent la mesure de courants de très faible intensité, nous avons été amené à mettre au point un dispositif permettant d'amplifier les déviations d'un galvanomètre. Son principe, très simple, qui le rend aisément réalisable dans tout laboratoire, est le suivant :

Le galvanomètre parcouru par le courant à mesurer projette un spot ayant la forme d'un triangle isocèle de base verticale sur une fente parallèle à la base du triangle et située dans le plan focal d'une lentille achromatique. En arrière de cette lentille est placée une cellule photo-électrique à couche d'arrêt. Les déplacements du spot par rapport à la fente faisant varier le flux lumineux reçu par la cellule, un deuxième galvanomètre, monté dans le circuit de celle-ci, donne une déviation fonction du déplacement du spot et par suite du courant qui passe dans le premier galvanomètre.

La source de lumière utilisée est une lampe à filament de tungstène, enroulé en hélice, 8 volts 6 ampères. Les rayons sont rendus parallèles par une lentille devant laquelle est placé un diaphragme métallique percé d'une ouverture triangulaire (triangle isocèle de 10^{mm} de base et de 10^{mm} de hauteur). Le parallélisme des rayons permet de les recueillir en totalité sur le miroir du galvanomètre. D'autre part, la lentille doit avoir une distance focale grande par rapport au pas de l'hélice formée par le filament, sinon l'éclairement du spot n'est pas uniforme. (11^{cm} pour un pas de $0^{mm},4$ et une longueur totale du filament de 3^{mm}.)

L'étalonnage de ce dispositif a montré que les déviations du deuxième galvanomètre étaient proportionnelles au courant qui circulait dans le premier, le coefficient d'amplification obtenu dans le montage réalisé avec deux galvanomètres de sensibilités respectives $4,7.10^{-9}$ A et $4,8.10^{-9}$ A étant voisin de 70.

(¹) Séance du 9 avril 1947.

On peut d'ailleurs l'augmenter en diminuant la hauteur du triangle par rapport à sa base, mais on réduit d'autant l'intervalle de mesure.

En outre, le système récepteur (fente, cellule) peut être déplacé latéralement au moyen d'une vis micrométrique portant un tambour gradué. Comme les déplacements relatifs du spot par rapport à la fente interviennent seuls, on peut, la sensibilité du premier galvanomètre étant connue, soit étalonner le système amplificateur en déplaçant la fente par rapport au spot maintenu fixe, soit effectuer les mesures en compensant le déplacement du spot par un déplacement en sens inverse de la fente. Quand cette compensation est réalisée, c'est-à-dire quand le courant fourni par la cellule a repris son intensité initiale, on lit directement sur le tambour gradué la valeur du déplacement du spot du premier galvanomètre.

Dans le cas où celui-ci est utilisé comme appareil de zéro, on dispose initialement la fente à mi-hauteur du triangle. Les déviations du deuxième galvanomètre reproduisent alors, amplifiées, celles du premier.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur le circuit en hélice utilisé dans le tube à ondes progressives.* Note (1) de M. ÉLIE ROUBINE.

L'hélice utilisée dans le tube à ondes progressives a pour effet de guider avec une vitesse réduite une onde électromagnétique (2). On se propose de donner les éléments, au moins approchés, d'une ligne de transmission équivalente. On y parvient au moyen du calcul approché du champ électromagnétique dans l'espace. Une première simplification consiste à substituer à l'hélice une distribution continue de courant $\vec{J}$ sur la surface du cylindre sur lequel elle est tracée.

$$J = \frac{I}{2\pi a \sin\alpha}.$$

Si l'on attribue à la densité J une valeur constante sur tout cercle de section droite, pour ne considérer qu'une propagation axiale (3), on remplace le champ réel par un champ approché de révolution. Le problème consiste alors à raccorder à travers la surface du cylindre une solution intérieure et une solution extérieure. Chacune d'elles est formée d'une onde (E) et d'une onde (H) de révolution. Sur le cylindre le champ électrique est normal à la direction de l'hélice, sa composante tangentielle est continue et le champ magnétique subit une discontinuité mesurée par $4\pi J$. On parvient alors au moyen d'une nouvelle approximation consistant dans l'emploi des expressions asymptotiques des fonctions de Bessel à la solution suivante :

(1) Séance du 9 avril 1947.
(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1101.
(3) J. R. PIERCE, *P. I. R. E.*, 1947, p. 111.

Solution intérieure :

$$E_r = -\frac{\eta}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{2\pi\beta}{a}}\,e^{-\beta a}\,I\,I_1(\beta r),\qquad H_r = j\frac{1}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{2\pi\beta}{a}}\,e^{-\beta a}\,I\,I_1(\beta r),$$

$$E_\varphi = -j\eta\sqrt{\frac{2\pi\beta}{a}}\,e^{-\beta a}\,I\,I_1(\beta r);\qquad H_\varphi = -\sqrt{\frac{2\pi\beta}{a}}\,e^{-\beta a}\,I\,I_1(\beta r),$$

$$E_z = -j\eta\cot\!g\,\alpha\sqrt{\frac{2\pi\beta}{a}}\,e^{-\beta a}\,I\,I_0(\beta r);\qquad H_z = \cot\!g\,\alpha\sqrt{\frac{2\pi\beta}{a}}\,e^{-\beta a}\,I\,I_0(\beta r).$$

Solution extérieure :

$$E_r = \frac{\eta}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{2\beta}{\pi a}}\,e^{\beta a}\,I\,K_1(\beta r),\qquad H_r = j\frac{1}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{2\beta}{\pi a}}\,e^{\beta a}\,I\,K_1(\beta r),$$

$$E_\varphi = -j\eta\sqrt{\frac{2\beta}{\pi a}}\,e^{\beta a}\,I\,K_1(\beta r),\qquad H_\varphi = \sqrt{\frac{2\beta}{\pi a}}\,e^{\beta a}\,I\,K_1(\beta r),$$

$$E_z = j\eta\cot\!g\,\alpha\sqrt{\frac{2\beta}{\pi a}}\,e^{\beta a}\,I\,K_0(\beta r);\qquad H_z = -\cot\!g\,\alpha\sqrt{\frac{2\beta}{\pi a}}\,e^{\beta a}\,I\,K_0(\beta r),$$

où l'on a posé $\eta = \sqrt{\mu/\varepsilon}$ et $\beta = k\cot\!g\,\alpha$. Le facteur de propagation $e^{-jkz/\sin\alpha}\,e^{j\omega t}$ est sous-entendu.

Le champ décroît très vite au voisinage de la couche conductrice. A une distance h de celle-ci, on trouve un affaiblissement de l'ordre de $4{,}34\,[2\beta \pm (1/a)]\,10^{-3}$ db/mm : $\pm$ suivant qu'on se place à l'intérieur ou à l'extérieur du cylindre.

Le calcul de la puissance transportée est immédiat par le vecteur de Poynting. On trouve ainsi une puissance

$$W = \frac{I^2}{2\,\omega\varepsilon\, a\cos\alpha}$$

également répartie entre l'intérieur et l'extérieur de la couche.

La relation $W = (1/2)Z_c I^2$ conduit alors à l'expression d'une impédance caractéristique Z_c

$$Z_c = \frac{1}{\omega\varepsilon\, a\cos\alpha}.$$

La vitesse axiale des ondes guidées étant $v\sin\alpha$, on obtient aisément les coefficients linéiques d'inductance propre et de capacité de la ligne équivalente

$$L = \frac{2\eta}{\omega a\sin 2\alpha},$$

$$C = \omega\varepsilon^2\eta\, a\cot\!g\,\alpha.$$

Enfin, il est facile de voir que la tension $V = Z_c I$ attachée à la ligne équivalente est égale à la circulation du champ électrique sur la portion intérieure

ou extérieure du rayon vecteur

$$v = \int_a^{\infty} E_r^{(\text{ext.})}\, dr = \int_a^{0} E_r^{(\text{int.})}\, dr.$$

MAGNÉTOPHORÈSE. — *Le mouvement en hélice des particules dans un champ magnétique constant uniforme.* Note (¹) de M. **Félix Ehrenhaft.**

Dans un champ magnétique constant uniforme, une particule de matière s'oriente, mais ne se déplace pas d'un mouvement de translation comme l'a indiqué Pétrus Peregrinus (1269). Dans un tel champ (diamètre des pôles de l'aimant 1^{cm} et distance de ces pôles environ $1^{\text{cm}},5$), et pour des valeurs variables de ce champ, on peut observer que des particules de différentes sortes et par exemple des particules de fer, nickel, manganèse, chrome, antimoine, etc., décrivent des trajets que l'on observe en éclairage oblique au microscope. Les pôles de l'aimant sont réunis et mis à la terre et tout l'aimant peut être placé dans une cage de Faraday. Les particules des substances en question décrivent des trajets de montée ou de descente à la même place, des trajectoires en hélice et des parties d'hélice (*fig.* 1).

L'expérience peut être faite en couvrant les pôles de mica. La dimension des particules est comprise entre 10^{-3} et 10^{-4} cm.

Lily Rona Ehrenhaft a observé à la même place deux particules se déplaçant en hélice toutes les deux vers le haut, l'une droite, l'autre gauche. On a réussi à photographier le phénomène en utilisant une chambre miflex à oculaire latéral. La figure 2 montre une particule de fer montant en décrivant une hélice dans un champ magnétique uniforme de 3000 gauss; la particule fait plus de 25 tours en une 1/2 seconde. Le grandissement est 42.

La figure 3 montre diverses particules de fer parmi lesquelles l'une décrit une partie d'hélice à peu près verticale et l'autre une partie d'hélice à peu près horizontale (grandissement 42).

La figure 4 montre une explosion magnétique (burst). Pendant le mouvement, un groupe de particules éclate, chacun des fragments décrivant une trajectoire hélicoïdale. Une des particules apparaît seulement à intervalles réguliers quand elle entre dans le plan focal (grandissement 42).

La figure 5 montre une particule de chrome faisant un bond. Ces photographies sont prises en lumière très faible; il n'y a donc pas d'influence photophorétique de la lumière.

Nous voyons donc de la matière se mouvoir dans un champ magnétique uni-

(¹) Séance du 9 avril 1947.

forme, en hélice, avec des spirales bien régulières. J'avais fait la même obser-

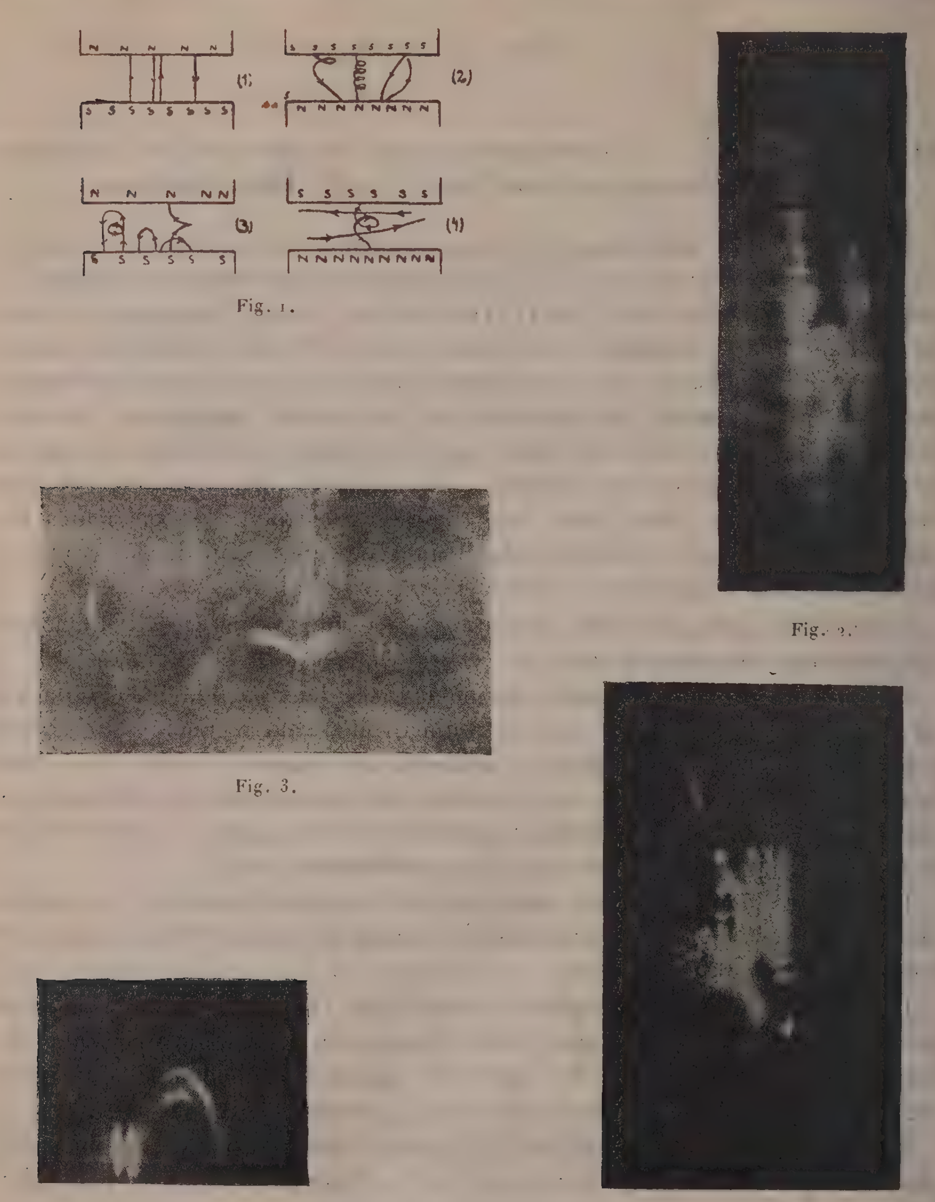


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

vation dans le champ électrique homogène. Le phénomène a été photographié par P. Tauzin ([2]).

([2]) *Revue scientifique*, **83**, 1945, p. 276.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption et de fluorescence ultraviolets de composés solides du gadolinium*. Note [1] de M. **Alain Berton** et Mlle **Françoise Boulanger**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que, parmi les bandes d'absorption lumineuse, celles qui sont caractéristiques des ions métalliques sont influencées par les atomes qui entourent ces derniers. Nous avons voulu étudier ces influences dans le cas de composés solides, principalement de composés de terres rares dont les bandes d'absorption sont souvent très nettes.

Un certain nombre de travaux ont été effectués sur ce sujet et il faut citer particulièrement ceux d'Ephraïm et Bloch [2], mais ils ont trait uniquement à la région visible des spectres. Nous nous sommes donc proposé d'explorer la région ultraviolette, et nous avons choisi les composés du gadolinium qui présentent des bandes d'absorption dans ce domaine de longueurs d'onde.

Nous avons ainsi examiné l'oxyde, l'hydroxyde, le nitrate, l'orthophosphate, le sulfate, l'oxalate, le citrate, le tartrate et le lactate de gadolinium, obtenus à partir de nitrate de gadolinium pur. Des échantillons de quelques-uns de ces composés nous ont été, en outre, prêtés par M. Trombe.

Pour obtenir les bandes d'absorption de ces substances à l'état solide, la méthode des spectres d'absorption par réflexion, mise au point par M. Billy et par l'un d'entre nous [3], a été utilisée. Elle nous a permis d'observer, principalement, un groupe de quatre bandes très étroites se trouvant entre 2730 et 2760 Å, relativement fortes et caractéristiques du gadolinium. Ces bandes sont sensiblement les mêmes pour le sulfate, le citrate et l'oxalate. Par contre, elles subissent, dans le cas du phosphate, du lactate, de l'hydroxyde et surtout de l'oxyde, par rapport à celles des autres composés, des déplacements sensibles vers les grandes longueurs d'onde. Ces déplacements sont comparables à ceux qu'Ephraïm et Bloch ont observés, dans le visible, pour les composés correspondants du praséodyme, par exemple. Ils peuvent être expliqués par une diminution de l'action du champ électrique exercée par les atomes voisins sur les électrons de l'élément rare, responsable de l'absorption.

En dehors de ces bandes d'absorption, nous avons observé une bande très étroite, large de 5 Å environ, d'émission de fluorescence *ultraviolette*, caractéristique du gadolinium et que Tomaschek et Mehnert [4] ont étudiée pour le sulfate.

Cette bande de fluorescence, qui se trouve à 3115 Å pour ce dernier sel, nous

---

(1) Séance du 24 mars 1947.

(2) *Berichte*, **61**, 1928, pp. 65 et 72.

(3) Billy et Berton, *Comptes rendus*, **206**, 1938, pp. 1631 et 1958.

(4) *Ann. Physik.*, **29**, 1937, p. 306.

est apparue, en outre, pour l'orthophosphate, le citrate, le tartrate et le lactate de gadolinium hydratés. Sa présence semble être liée à un certain état d'hydratation. La déshydratation de ces sels, comme, d'ailleurs, celle du sulfate de gadolinium octohydraté, fait en effet disparaître la fluorescence. Nous nous proposons ultérieurement de préciser les conditions d'existence de ce phénomène.

Bandes d'absorption et de fluorescence ultraviolettes de quelques composés solides du gadolinium.

	$(SO_4)_3Gd_2.8OH_2$.	$(HO)_3Gd$.	O_3Gd_2.
Bande large F	2734 ± 2 Å 2727	2741 ± 2 Å 2733	2759 ± 2 Å 2751
» » (milieu)	2730	2737	2755
» étroite m	2743	2749	2769
» » f	2746	–	–
» » F	2757	2763	2784
Bandes étroites f	2764 2767	–	2789
» » tf	2773 2782	–	–
Bande étroite m	2790	–	–
» » f	3055	–	3082
» étroite F de *fluorescence*	3115	–	–
» » f d'*absorption*	–	–	3146

F, forte; m, moyenne; f, faible; tf, très faible.

La bande étroite de fluorescence, à 3115 Å, fait place, dans le cas du sulfate anhydre, à une bande étroite d'absorption de même longueur d'onde.

Le citrate $(C_6H_5O_7)Gd.nOH_2$ et l'oxalate $(C_2O_4)_3Gd_2.10OH_2$ possèdent les mêmes bandes que le sulfate octohydraté, avec cette différence, toutefois, que l'oxalate n'est pas fluorescent et présente une bande étroite d'absorption faible à 3115 Å.

Le phosphate $PO_4Gd.nOH_2$ et le lactate $(C_3H_3O_3)_3Gd.nOH_2$ ont les mêmes bandes que l'hydroxyde, mais, contrairement à ce dernier, sont fluorescents : leur bande de fluorescence se trouve à 3122 Å, donc déplacée de 7 Å vers les grandes longueurs d'onde par rapport à la bande correspondante du sulfate.

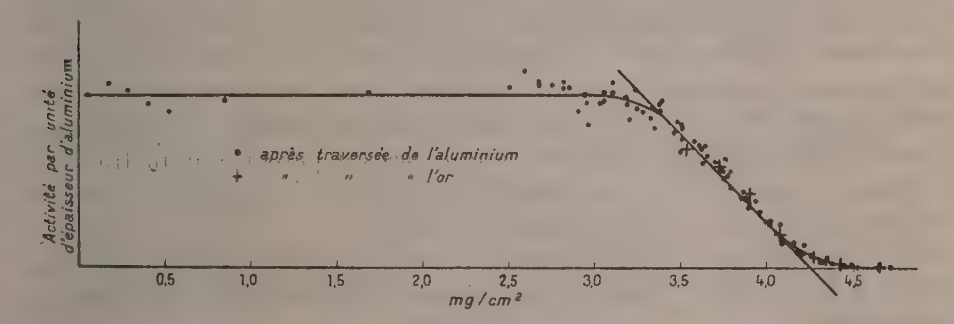
En résumé, nous avons comparé les bandes d'absorption ultraviolettes d'un certain nombre de composés solides du gadolinium. Il existe une similitude entre les déplacements de ces bandes et ceux que présentent, dans le visible, les bandes des mêmes composés d'autres terres rares.

Nous avons, en outre, observé une bande très étroite de fluorescence ultraviolette pour quelques sels de gadolinium.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Parcours dans l'aluminium et pouvoir d'arrêt de l'or pour un fragment de fission donné de l'uranium.* Note [1] de M. **Francis Suzor**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons employé la méthode de F. Joliot [2] pour mesurer les parcours des fragments de bipartition de l'uranium. Cette méthode a l'avantage de donner avec une précision relativement grande les parcours moyen et maximum dans des écrans de matières diverses de fragments de nature chimique et de période radioactive déterminées.

On irradie avec des neutrons thermiques produits à l'aide du cyclotron du Collège de France, un empilement de feuilles d'aluminium de 0,10 à 0,20 mg/cm², disposées sur une couche d'oxyde d'uranium de 0,30 mg/cm² déposée électrolytiquement sur une lame de cuivre de surface de 10^{cm^2}. Chaque feuille d'aluminium, située à une distance de l'oxyde d'uranium inférieure ou égale au parcours des fragments radioactifs envisagés, recueille ceux-ci proportionnellement à l'épaisseur de chacune d'elles. Pour mesurer le parcours de l'élément radioactif étudié, il suffit de le séparer chimiquement de chacune des feuilles repérées par son altitude au-dessus de la couche d'oxyde d'uranium. Les activités ramenées à une même épaisseur de feuilles d'aluminium et à une même origine de temps sont portées en ordonnées tandis que les altitudes correspondantes sont portées en abscisses. La courbe reproduite par la figure ci-dessous est relative au parcours des fragments $^{97}_{42}$Zr de période 17 heures.



Pour augmenter la sensibilité de la méthode, on irradie 10 empilements identiques à celui décrit ci-dessus et l'on traite à la fois les feuilles d'aluminium de même altitude. Les trajectoires des fragments étant sensiblement rectilignes sur la majeure partie de leur parcours, la courbe présente un long palier de 0 à 3 mg/cm². La forme de la partie terminale de la courbe

---

(1) Séance du 31 mars 1947.

(2) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 488.

s'étendant de 3 à 4,5 mg/cm², parcours extrême, représente la fluctuation de portée des fragments considérés.

Il semble bien que l'on ne puisse séparer deux parcours, comme F. Joliot l'avait signalé. La fluctuation de parcours observée est beaucoup plus élevée que celle que l'on calculerait d'après la théorie de Bohr [3], en admettant l'existence d'un seul parcours; elle doit correspondre à un grand nombre de parcours, tenant au fait qu'un même fragment ($^{97}_{42}$Zr) peut provenir par filiation β de fragments de numéro atomique plus faible ou directement de la bipartition et être ainsi lancé avec des vitesses initiales de valeurs diverses.

Le parcours moyen π de $^{97}_{42}$Zr, T = 17 heures est 3,78 mg/cm² et le parcours maximum p_M observé 4,5 mg/cm² d'aluminium.

Nous avons également obtenu pour

$^{(132)}_{52}$Te, T = 77 heures : $\pi = 3,11$ mg/cm², $p_M = 3,85$ mg/cm² d'aluminium.

$^{99}_{42}$Mo, T = 67 heures : $\pi = 3,78$ mg/cm², $p_M = 4,4$ mg/cm².

Pour ces trois éléments nous trouvons sensiblement la même fluctuation de portée.

Dans une autre série d'expériences, nous avons mis sur la couche d'urane une feuille d'or de 9,89 mg/cm² et au-dessus de celle-ci des feuilles d'aluminium de 0,18 mg/cm². Nous avons étudié comme précédemment l'activité de $^{97}_{42}$Zr de période 17 heures, recueillie dans ces feuilles après irradiation par les neutrons thermiques. Nous retrouvons le même parcours extrême de 4,50 mg/cm si nous supposons que la feuille d'or de 9,89 mg/cm² équivaut à une feuille d'aluminium de 3,46 mg/cm². Nous avons porté sur la courbe précédemment acquise les points obtenus dans cette expérience après multiplication des ordonnées par un facteur convenable. La conclusion est que pour les quatre premiers cinquièmes du parcours d'un fragment de fission, 1 mg/cm² d'or est équivalent en ce qui concerne le ralentissement à 0,359 mg/cm² d'aluminium ± 0,005.

Cette équivalence est très voisine de celle que l'on connaît pour les rayons α de 4,66 MeV, dans ce cas 1 mg/cm² d'or équivaut à 0,36 mg/cm² d'aluminium.

Dans une expérience concernant le parcours de *l'ensemble* des produits de fission, Segré et Wiegand [4] avaient trouvé que 1 mg/cm² d'or équivaut à 0,34 mg/cm².

---

(3) *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 654; 59, 1941, p. 270.
(4) *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 808.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure des chaleurs d'adsorption des gaz et des vapeurs par le charbon actif.* Note [1] de M. **Jean Perreu**, présentée par M. Paul Pascal.

J'ai commencé l'étude calorifique de l'adsorption des gaz et des vapeurs, à 0° C., par le charbon actif, en utilisant le calorimètre à glace de Bunsen.

1. Principe de la méthode employée. — Le gaz étudié est reçu dans une canalisation vide d'air, où l'on détermine sa température, sa pression et son volume. Il est ensuite admis dans la cellule à adsorbant, disposée dans le moufle du calorimètre. On note de nouveau la température, la pression et le volume et calcule, par différence, la masse de gaz adsorbée. L'effet thermique obtenu, rapporté, soit à 1^g de charbon, soit à la molécule-gramme du gaz adsorbé, représente la chaleur intégrale d'adsorption. Ce dispositif permet, en outre, de mesurer les chaleurs différentielles d'adsorption, au voisinage immédiat de 0° C.

2. Dispositif expérimental. — L'appareil utilisé, comprend :

a. Un calorimètre à glace, A, en pyrex, dont le capillaire, gradué et bien calibré a $0^{mm},42$ de diamètre, un retrait du mercure de 1^{mm}, correspond à 0,123 cal/g.

b. La canalisation du gaz, en pyrex, qui comporte une burette graduée, B, de 50^{cm^3}, reliée au tube d'admission, et à un tube *abcd*, portant la cellule à adsorbant, C. La burette, le tube-cellule et le tube *abcd* sont jaugés ; on connaît le volume, par centimètre de longueur, de la portion verticale *cd* de ce dernier tube, qui est très sensiblement calibrée. La burette et un manomètre M sont reliés aux cuves à mercure C_1 et C_2. A la suite de ce manomètre, sont placés, un piège à mercure *e*, une jauge de Mac-Leod, J, et un tube desséchant à P_2O_5. L'appareil porte des rodages normalisés et des robinets à vide R_0, R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 et R_6.

c. Une trompe à vapeur de mercure, T, donnant un vide de 5.10^{-4} mm de mercure ; le vide primaire est obtenu avec une pompe rotative, à palettes.

d. Un cathétomètre, muni d'un vernier au 1/20 de millimètre.

3. Mode opératoire. — Un poids connu de charbon actif frais, de l'ordre de 2 à 5^g, est introduit dans la cellule, puis désorbé dans le vide, jusqu'à 550°. Par pesée du tube desséchant et du tube-cellule, on obtient le poids de l'humidité et des divers gaz (H, CO, CO^2), désorbés, ainsi que le poids final du charbon. Un support à crémaillère met en place le calorimètre, de sorte que la cellule soit immergée dans le mercure du moufle. Le robinet R_2 étant fermé et les cuvettes à mercure soulevées à hauteur convenable, on admet le gaz dont on note la température, la pression et le volume. Le gaz est ensuite reçu dans la cellule et l'on suit le déplacement du mercure dans le capillaire pendant une demi-heure environ. La vitesse du retrait mercuriel pendant les 10 minutes qui précèdent et qui suivent l'adsorption permet d'effectuer les corrections. On

---

[1] Séance du 24 mars 1947.

mesure enfin la température, la pression et le volume du gaz, puis on calcule la masse adsorbée et la chaleur dégagée. On procède à d'autres admissions de

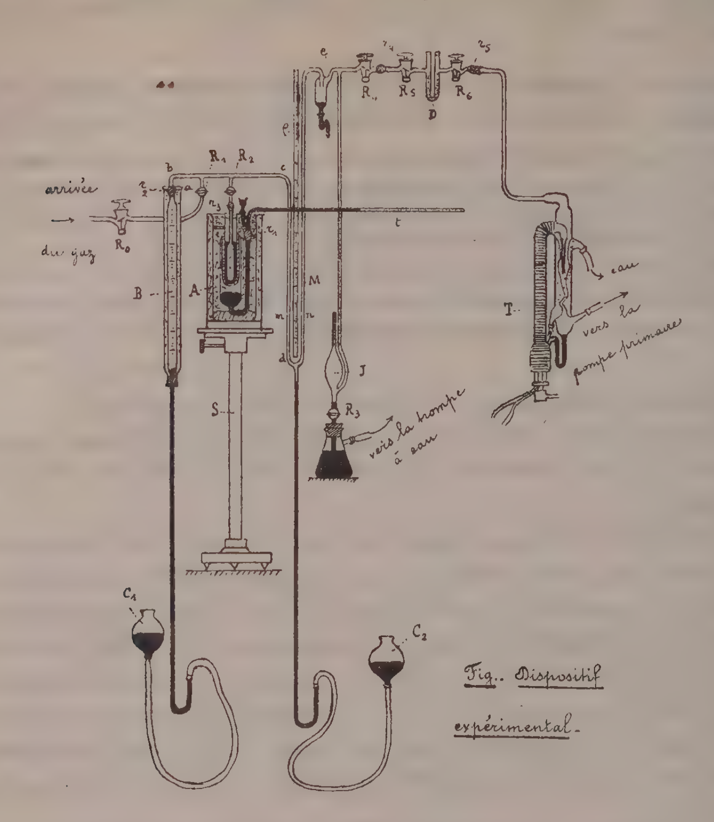


Fig.. Dispositif expérimental.

gaz dans la cellule, de façon à atteindre l'équilibre; la chaleur résultante est la chaleur intégrale d'adsorption sous la pression finale. L'effet thermique observé, au voisinage de l'équilibre, donne la chaleur différentielle d'adsorption.

4. Précision des résultats. — Le volume gazeux est connu au 1/20 de cm^3 près, et la pression au 1/10 de mm de mercure. L'erreur sur la masse de gaz adsorbé est de l'ordre du 1/20 de mmg. L'erreur absolue calorimétrique est moindre que 0,03 cal/g, de sorte que pour une chaleur globale d'adsorption de 6 cal/g, la précision atteint 1/200.

5. Conclusion. — En résumé, l'utilité du dispositif précédent est triple : il permet de déterminer l'isotherme d'adsorption de 0° C. et de mesurer les chaleurs intégrales et différentielles d'adsorption le long de cette isotherme.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de l'hydrolyse des carbonates alcalins.* Note (1) de M. **Henri Guiter**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous donnons ci-contre les courbes représentant le p_{OH} en fonction du p_{CO_3} pour les cinq carbonates alcalins (2). Ces courbes ont une allure générale commune : elles sont constituées par quatre segments de droite numérotés I, II, III et IV. En outre les courbes relatives aux trois alcalins lourds offrent un segment supplémentaire I *bis*, entre les segments I et II.

Pour la clarté de la figure, nous avons confondu les tracés des segments parallèles et très voisins (*fig.* 1).

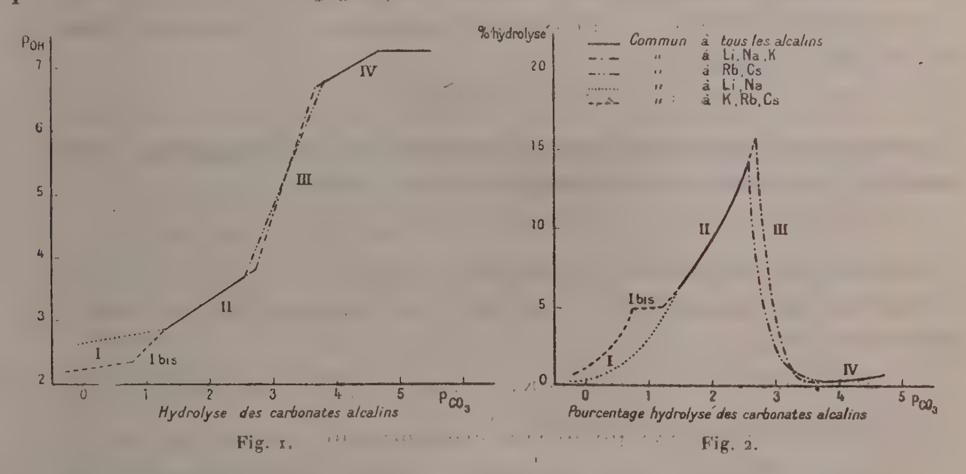


Fig. 1. Fig. 2.

Les hydrolyses des carbonates de lithium et de sodium sont identiques ainsi que celles des carbonates de rubidium et de cæsium. L'hydrolyse du carbonate de potassium coïncide avec celle des alcalins lourds en solution concentrée, avec celle des alcalins légers en solution étendue.

Les courbes donnant les valeurs du pourcentage hydrolysé en fonction du pCO_3 présentent les mêmes caractères (*fig.* 2). Les titres des solutions soumises aux dédoublements sont : Li 0,204; Na 1,6; K 1,94; Rb 0,56; Cs 0,17.

Étude du phénomène I. — Le titre des solutions est de l'ordre de grandeur de 1. $\Delta p_{OH} = 0{,}05$. Cette variation très faible ne peut s'expliquer que par l'existence en solution d'un produit polymérisé

$$(CO_3^{--})_3 + 3H_2O \rightleftharpoons 3CO_3H^- + 3OH^-.$$

Les valeurs des constantes d'hydrolyse correspondantes sont

$$\text{Li}\,4{,}8.10^{-16},\quad \text{Na}\,9{,}48.10^{-16},\quad \text{K}\,1{,}9.10^{-13},\quad \text{Rb}\,3{,}32.10^{-13}.$$

Le pourcentage hydrolysé varie de 0,5 à 5 %.

(1) Séance du 31 mars 1947.

(2) Les résultats détaillés font l'objet de Mémoires en cours de parution au *Bulletin de la Société Chimique de France*.

Étude du phénomène I *bis*. — Le titre des solutions est de l'ordre de grandeur de 0,1. $\Delta p_{OH} = 0,3$. La variation constatée s'explique par la formation d'un produit d'hydrolyse non ionisé

$$CO_3^{--} + M^+ + H_2O \rightleftharpoons CO_3HM + OH^-.$$

Au cours de cette réaction, les courbes d'hydrolyse des métaux lourds rejoignent celles des métaux légers.

Les constantes d'hydrolyse correspondantes ont pour valeur

K $1,25.10^{-3}$, Rb $1,25.10^{-3}$, Cs $1,58.10^{-3}$.

Le pourcentage hydrolysé reste constant, au voisinage de 5 %.

Étude du phénomène II. — Le titre des solutions est de l'ordre de grandeur de 0,01. $\Delta p_{OH} = 0,2$,

$$2CO_3^{--} + 2H_2O \rightleftharpoons (CO_3H^-)_2 + 2OH^-.$$

La réaction est commune à tous les carbonates, les ions métalliques n'intervenant pas. Les constantes d'hydrolyse ont pour valeur

Li $1,58.10^{-6}$, Na $2,23.10^{-6}$, K 2.10^{-6}, Rb $2,23.10^{-6}$, Cs $3,5.10^{-6}$.

Le pourcentage hydrolysé augmente de 5 à 15 %.

Étude du phénomène III. — Le titre des solutions est de l'ordre de grandeur 0,001,

$\Delta p_{OH} = 0,9$ pour Li, Na et K; $\Delta p_{OH} = 0,75$ pour Rb et Cs.

Les réactions rendant compte de ces variations sont

$$CO_3^{--} + 5M^+ + H_2O \rightleftharpoons (CO_3M_5H)^{++++} + OH^- \quad \text{pour Li, Na et K},$$
$$CO_3^{--} + 4M^+ + H_2O \rightleftharpoons (CO_3M_4H)^{+++} + OH^- \quad \text{pour Rb, Cs}.$$

Nous constatons qu'il entre un atome métallique de moins dans le cation complexe correspondant aux métaux lourds, et de volume atomique plus grand. Il se produit donc, dans la constitution de ces ions complexes, une sorte d'empêchement stérique.

Donnons les valeurs des constantes d'hydrolyse

Li 8.10^{8}, Na $12,5.10^{8}$, K 8.10^{8}, Rb $4,4.10^{5}$, Cs 4.10^{5}.

Le pourcentage hydrolysé diminue de 15 à 0,2 %.

Étude du phénomène IV. — Le titre des solutions est de l'ordre de grandeur de 0,0001. $\Delta p_{OH} = 0,15$,

$$CO_3^{--} + H_2O \rightleftharpoons CO_3H^- + OH^-.$$

A ces faibles concentrations, tous les carbonates alcalins se comportent de même manière, et leurs constantes sont sensiblement égales

Li 4.10^{-10}, Na 4.10^{-10}, K 4.10^{-10}, Rb $4,5.10^{-10}$, Cs 5.10^{-10}.

Le pourcentage hydrolysé croît de 0,2 à 0,5 %.

Conclusions. — Il se dégage de cette étude trois faits importants :

1° Le potassium s'apparente aux alcalins lourds en solution normale ou décinormale, et aux alcalins légers en solution millinormale.

2° Les phénomènes d'hydrolyse deviennent identiques pour les cinq carbonates alcalins, lorsque le métal n'intervient pas dans la réaction représentative.

3° En solution millinormale apparaissent des cations complexes dont la structure met en évidence l'existence d'un empêchement stérique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur les stannates de sodium.* Note [1] de M. **Edmond Grillot** et Mme **Marguerite Grillot**, présentée par M. Paul Pascal.

On considère généralement que l'action de la soude sur l'acide α-stannique conduit à la formation d'un métastannate de sodium très soluble dans l'eau et que, de cette solution, il est possible d'isoler $SnO_3Na_2, 3H_2O$ ou $SnO_3Na_2, 4H_2O$. Bellucci et Paravano [2], qui adoptèrent la première formule, ont montré qu'il fallait plutôt considérer ce corps comme l'hexastannate de sodium $Sn(OH)_6Na_2$. Prandtl [3], puis Zocher [4] ont admis l'existence de deux composés différents, le second étant le monohydrate du premier. Nous avons constaté pour notre part que le phénomène est beaucoup plus complexe et qu'en faisant varier les conditions de préparation on peut isoler plusieurs stannates de sodium présentant de profondes différences de constitution moléculaire.

Le stannate de sodium qu'on isole le plus aisément est le sel qui répond à la seconde formule. Il précipite par addition d'alcool éthylique à la solution (préparée et filtrée à l'abri du gaz carbonique atmosphérique) qui résulte du passage en solution dans l'eau d'acide α-stannique en présence de la quantité minimum de soude. C'est un sel blanc, très soluble dans l'eau et dont la solution est fortement hydrolysée. Sa formule brute $SnO_3Na_2, 4H_2O$ a été vérifiée par l'analyse [méthode de Kling et Lassieur [5] mise au point par l'un de nous dans le cas des stannates et chlorostannates alcalins [6]]. Nous avons trouvé, pour plusieurs échantillons : étain : 41,73 % ($\pm$ 0,21 %) (calculé : 41,69 %); sodium : 16,25 % ($\pm$ 0,11 %) (calculé : 16,16 %).

Mais, contrairement aux affirmations de Prandtl et de Zocher, nous avons constaté que ce composé offre une grande résistance à toute déshydratation. Lorsqu'on le chauffe dans le vide pendant plusieurs heures, sa masse tend vers une valeur limite qui varie avec la température, ce qui semble indiquer un équilibre entre le composé initial et son produit de déshydratation. Mais, jusqu'à 165°, cette perte reste très notablement inférieure à 6,32 %, valeur qui

(1) Séance du 31 mars 1947.

(2) *Zstchr. Anorg. Allg. Chem.*, 45, 1905, pp. 142-165.

(3) *Berichte*, 40, 1907, p. 2129.

(4) *Zstchr. Anorg. Allg. Chem.*, 112, 1920, pp. 7-17.

(5) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1080.

(6) Marguerite Grillot, *Bul. Soc. chim.* (sous presse).

correspond à l'élimination d'une seule molécule d'eau par molécule SnO_3Na_2, $4H_2O$. Nous avons trouvé :

t°.........	62.	81.	100.	110.	136.	153.	165.
Pertes maxima (%).....	0,358	0,480	0,546	0,712	1,132	1,542	2,861

Il nous semble donc qu'on puisse tirer argument de cette résistance à la déshydratation pour rejeter l'hypothèse d'une simple combinaison moléculaire d'eau et d'hexastannate de sodium.

A des températures plus élevées, la déshydratation n'est jamais totale. Chauffé dans un lent courant d'air exempt de vapeur d'eau et de gaz carbonique, il ne perd au maximum, à 350° comme à 400°, que 18,90 % de sa masse, soit trois molécules d'eau sur quatre. Le résidu blanc ne contient pas de soude libre. Il se dissout lentement dans l'eau en subissant une hydrolyse.

L'élimination de la dernière molécule d'eau est encore bien plus difficile. En chauffant à nouveau ce résidu à 600° pendant trois heures dans les mêmes conditions que précédemment, la perte d'eau n'est que de 3, 42 % ; à 700° elle n'est que de 3,67 % et à 800° de 4,07 %, alors qu'elle serait de 7,80 % si la déshydratation était totale.

La formule brute du produit de déshydratation à 400° peut s'écrire SnO_3Na_2, H_2O; mais, moins encore que le corps initial, cette substance ne peut être considérée comme une combinaison moléculaire de métastannate de sodium SnO_3Na_2 et d'eau. On peut penser qu'il s'agit de l'orthostannate disodique $SnO_4H_2Na_2$ ou (ce qui n'est pas nécessairement contradictoire) du sel de sodium d'un anion $[SnO_2(OH)_2]^{--}$ dans lequel les deux radicaux oxhydriles seraient suffisamment éloignés pour ne donner que très difficilement naissance à une molécule d'eau.

Cet orthostannate disodique $SnO_4H_2Na_2$, placé dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, est susceptible d'en fixer plus de huit molécules par molécule de sel (soit plus de 65,5 % de sa propre masse) en devenant ensuite déliquescent. A 100° il reperd toute son eau d'hydratation alors que, abandonné à froid dans une atmosphère anhydre, il laisse un hydrate $SnO_4H_2Na_2$, $3H_2O$ de même formule que le sel initial précipité en milieu hydroalcoolique, mais qui s'en distingne par ses propriétés physiques comme par son pouvoir de perdre à 120°, 4,25 % de sa masse, soit 22 % de son eau d'hydratation.

La formule de constitution du stannate de sodium SnO_3Na_2, $4H_2O$ est plus délicate à établir. Il apparaît cependant que les quatre molécules d'eau de sa molécule doivent être intégrées à l'anion. Il faudrait alors l'écrire $SnO_7H_8Na_2$, sel de sodium de l'anion $[SnO(OH)_4(H_2O)_2]^{--}$, dans lequel l'indice de coordination de l'étain aurait la valeur exceptionnelle 8. Ce sel est d'ailleurs capable de fixer de la vapeur d'eau (plus de 53 % de sa propre masse) et, dans une atmosphère anhydre, il subsiste un hydrate $SnO_7H_8Na_2$, $3H_2O$, encore stable à 100° et qui ne perd complètement son eau d'hydratation qu'à 120°.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode d'étude rapide des sels basiques insolubles*. Note de MM. **Max Geloso** et **Pierre Deschamps**, présentée par M. Paul Pascal.

La méthode de choix utilisée jusqu'à présent est connue sous le nom de *méthode des restes*. Elle offre l'avantage de conduire à des conclusions certaines, mais a l'inconvénient de nécessiter un grand nombre d'analyses. Il semble que l'étude de la variation du pH de la solution, au cours de la précipitation, puisse fournir des résultats aussi précis.

Soient $A^{\zeta-}$ et B^{z+} les ions d'un sel susceptible de précipiter par action d'un alcali sous forme de sel basique insoluble A_zB_ζ, $x\zeta B(OH)_z$ où x est inconnu.

L'équation de la réaction s'écrit

$$(1+x)A_zB_\zeta + z\zeta x HONa \rightarrow A_zB_\zeta,\ x\zeta B(OH)_z + xzANa_\zeta.$$

Si θ est la concentration initiale du sel, α la fraction de molécule précipitée par la soude à une époque donnée du titrage, l'activité des ions en solution devient

$$(B^{z+}) = \theta(1-\alpha)f_B; \qquad (A^{\zeta-}) = \frac{z}{\zeta}\theta\left(1-\frac{\alpha}{1+x}\right)f_A; \qquad (Na^{\cdot}) = \frac{z\theta\alpha x}{1+x}f_{Na}$$

f_i désignant le coefficient d'activité de l'ion i. On peut poser

$$f_A = f_B^{\frac{\zeta^2}{z^2}} = f^{\frac{\zeta^2}{z^2}}.$$

D'autre part, le produit de solubilité a pour expression

$$B^{\zeta(1+x)} \times A^z \times (OH)^{z\zeta x} = S,$$

d'où

$$z\zeta x p_{OH} = p_S + \zeta(1+x)\log\theta f + z\log\theta f^{\frac{\zeta^2}{z^2}} + \varphi(\alpha, x),$$

$\varphi(\alpha, x)$ étant indépendant de θ.

Avec une solution n fois plus concentrée, α restant le même, on obtient une nouvelle valeur p'_{OH}, qui dérive de la première en changeant θ en $n\theta$, d'où

$$z\zeta x\,\Delta p_H = z\zeta x(p_H - p'_H) = \zeta(1+x)\log n\frac{f'}{f} + z\log n\left(\frac{f'}{f}\right)^{\frac{\zeta^2}{z^2}}.$$

On serait tenté de calculer f par application directe de la relation classique, $\log f_i = -Bz_i^2\sqrt{\mu}$. Cependant, la force ionique μ de la solution, dépendant de x

$$\mu = \frac{1}{2}\sum c_i z_i^2 = \frac{z\theta}{2}\,\frac{x[(z+\zeta)+\alpha(1-z)]+(z+\zeta)(1-\alpha)}{x+1},$$

la solution de l'équation deviendrait très compliquée. La difficulté est levée en observant que μ est représentée en fonction de x par une branche d'hyperbole

qui tend rapidement vers l'asymptote. On peut, avec une bonne approximation, remplacer μ par sa valeur asymptotique

$$\mu \rightarrow \frac{z\theta}{2}\left[(z+\zeta)+\alpha(1-z)\right].$$

Observons enfin que $\log f' = \sqrt{n}\log f$ et l'équation définitive devient

$$\Delta p_H = \frac{1+x}{zx}\left[\log n + (\sqrt{n}-1)\log f\right] + \frac{1}{\zeta x}\left[\log n + (\sqrt{n}-1)\log f^{\frac{\zeta^2}{z^2}}\right].$$

Nous indiquerons ici quelques résultats expérimentaux obtenus dans le cas du sulfate de cuivre.

$z = 2$; $\zeta = 2$; $\alpha = \frac{1}{2}$ (demi-précipitation); $\theta = 0,00134$; $t = 32^\circ$.

Les formules deviennent

$$\frac{x+2}{2x} = \frac{\Delta p_H}{\log n + (\sqrt{n}-1)\log f}, \qquad \mu \rightarrow \frac{7\theta}{2}; \qquad \text{d'où} \quad \log f = -0,13.$$

n	1.	2.	5.	10.
p_H	5,55	5,34	5,10	4,96
x	–	2,9	3,04	3,1

Le précipité se présente bien sous la forme de sel tétracuivrique SO_4Cu, $3Cu(OH)_2$, Aq, comme il fallait s'y attendre d'après les travaux antérieurs (¹). *Il suffit de deux mesures pour le déterminer* par la méthode proposée. Ces mesures ne doivent être effectuées qu'après avoir laissé *vieillir* le précipité, le temps qu'il prenne sa forme définitive, et se trouve en équilibre avec la solution.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation du crotonate d'éthyle avec la thiourée.* Note de Mlle **Denise Billet** et M. **Charles Mentzer**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que la condensation des acides éthyléniques R—CH=CH—COOH avec la thiourée peut donner naissance aux trois types de combinaisons suivantes :

```
         NH                                                         CH2
R—CH(4) (3) (2)C=S      R—CH2—CH———S                  R—CH              CO
                              (5)     (1)
CH2(5)  (6)  (1)NH           CO(4) (3) (2)C=NH          S               NH
         CO                        NH                                C
                                                                     ||
        (I)                       (II)                   (III)       NH
```

(¹) O. Binder, *Thèse*, Paris, 1935.

Un dihydrothiouracile [type (I)], a été obtenu par Erlenmeyer et Hertz (1) en partant de l'acide cinnamique ($R = C_6H_5$). Par contre, Andreasch (2), puis tout récemment Bougault et Chabrier (3) ont préparé par synthèse des dérivés du thiazol (II) en combinant la thiourée soit avec l'acide maléique ($R = COOH$), soit avec l'acide benzoylacrylique ($R = C_6H_5 - CO$). Cherchant à préparer par synthèse de nouvelles substances à activité antithyroïdienne, nous avons été également amenés à condenser la thiourée avec des esters éthyléniques et en particulier avec le crotonate d'éthyle ($R = CH_3$). A cet effet, un mélange de $8^g,20$ de thiourée, de $6^g,5$ de crotonate d'éthyle et de 20^{cm^3} d'alcool absolu a été chauffé en tube scellé à 150° pendant 10 heures. Le produit de la réaction a été lavé à l'eau et recristallisé dans l'alcool. Rendement, $1^g,50$ de corps pur fondant à 221°.

D'après le dosage du soufre, cette substance devait correspondre à l'une des trois structures (I), (II) ou (III). La formule (III) nous paraissait peu probable vu l'instabilité très grande des cycles hexagonaux renfermant du soufre dans le noyau. D'un autre côté, l'imino-2 éthyl-5 thiazolone-4 [formule (II), $R = CH_3$] ne s'est pas formé non plus. En effet, ce corps, obtenu dès 1895 (3), fond à 201° et quand on le mélange avec le produit de condensation du crotonate d'éthyle et de la thiourée, le point de fusion est fortement abaissé. D'ailleurs la synthèse de tels dérivés de la thiazolone (II) semble être possible uniquement quand l'ester éthylénique renferme un groupement —CO à côté de la double liaison. Le [—SH] de la thiourée se fixe alors sur le carbone en β par rapport à ce —CO exactement comme un —[—CH_2] actif au cours d'une condensation de Michael

$$R-CO-CH=CH-COOC_2H_5 + HS-R' \rightarrow R-CO-CH_2-\underset{\displaystyle SR'}{\underset{|}{CH}}-COOC_2H_5.$$

Vu ces considérations, la substance que nous avions obtenue devait donc être le méthyl-4 dihydro-4.5 thio-2 uracile, et pour vérifier cette hypothèse, nous avons préparé ce corps [formule (I), $R = CH_3$] par une méthode sûre, à savoir la réduction du méthyl-4 thio-2 uracile selon la technique suivante : $2^g,5$ de méthyl-4 thio-2 uracile sont mis en suspension dans de l'alcool à 50° et additionnés de 2^{cm^3} de lessive de soude, puis de 60^g d'amalgame de sodium à 3 %. Après 24 heures, une nouvelle quantité d'amalgame (30^g) est ajoutée au mélange et le lendemain, la solution alcoolique est concentrée, filtrée et acidifiée par CH_3COOH. Le précipité, recristallisé dans l'alcool, fond à 221° et est identique au produit de condensation du crotonate d'éthyle avec la thiourée, ce qui confirme la formule (I) que nous avions attribuée à ce composé.

---

(1) *Helv. Chim. Acta*, **25**, 1942, p. 832.
(2) *Monatsh.*, **15**, 1895, p. 664.
(3) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 656-657.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le complexe moléculaire thio-urée camphre.* Note de M. **Bernard Angla**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note précédente j'ai montré que la thio-urée donnait des complexes cristallisés avec un certain nombre de corps organiques. C'est ainsi qu'à partir de solutions de camphre et de thio-urée dans le méthanol absolu on obtient un complexe ayant la composition $C_{10}H_{16}O, 3CS(NH_2)_2$.

Ce complexe est facilement décomposable sous les influences les plus diverses.

J'ai procédé à l'étude isotherme (à 30°) du système ternaire thio-urée, camphre, méthanol absolu.

Les branches de l'isotherme ont été déterminées par la méthode des ensembles. Les équilibres sont obtenus après quelques heures d'agitation : cette dernière à été prolongée pendant 8 heures environ.

Les analyses des solutions résultantes ont été effectuées de la manière suivante : le prélèvement (10^{cm^3}) est pesé, puis additionné de 10^{cm^3} de méthanol pour éviter la séparation de cristaux par refroidissement. On pèse la nouvelle solution (II) et la mesure de son pouvoir rotatoire permet de déterminer le camphre. Une autre prise d'essai de la solution (II), de poids connu, est traitée par un excès d'eau, puis extraite à l'éther de pétrole. La couche aqueuse, évaporée à sec, donne la thio-urée. Cette méthode d'analyse, étudiée sur des mélanges connus, s'est révélée suffisamment sensible et fidèle. Dans les cas les plus défavorables (faibles teneurs), la précision obtenue est de l'ordre de 1 %.

L'isotherme est composée de 3 branches (*fig.* 1). Les droites joignant les points figuratifs des ensembles aux points représentant les solutions résultantes convergent en un seul point relatif au composé $C_{10}H_{16}O, 3CS(NH_2)_2$. La solubilité de ce dernier est congruente.

Dans le cas où le méthanol utilisé n'est pas absolu, mais renferme de petites quantités d'eau, le système fournit des équilibres métastables, relatifs aux combinaisons $C_{10}H_{16}O, 5CS(NH_2)_2$ et $C_{10}H_{16}O, 4CS(NH_2)_2$.

Ce phénomène déjà net pour les alcools peu hydratés (1 %) semble s'accentuer au fur et à mesure que l'hydratation augmente.

On peut le mettre en évidence et l'étudier en suivant avec le temps sur des ensembles déterminés les variations de densité des solutions résultantes. C'est ainsi qu'en utilisant du méthanol renfermant 6 % d'eau on peut noter, avec un ensemble déterminé, 3 séries de densités pour la solution résultante. La première série a duré une dizaine d'heures (0,8705), la deuxième (0,8682), 80 heures environ, puis la densité s'est fixée à une valeur constante (0,8665) (*fig.* 2). Ces trois paliers de densités correspondent à 3 équilibres qui se succèdent : le premier correspond au composé à 5 molécules de thio-urée, le deuxième au composé renfermant 4 molécules, et le troisième (stable) à celui qui

en comprend 3. Il semble bien que les complexes à 5 et 4 molécules de thio-urée soient métastables dans toute l'étendue du diagramme à la température de 30°.

Ayant ainsi mis en évidence que le composé à trois molécules de thio-urée

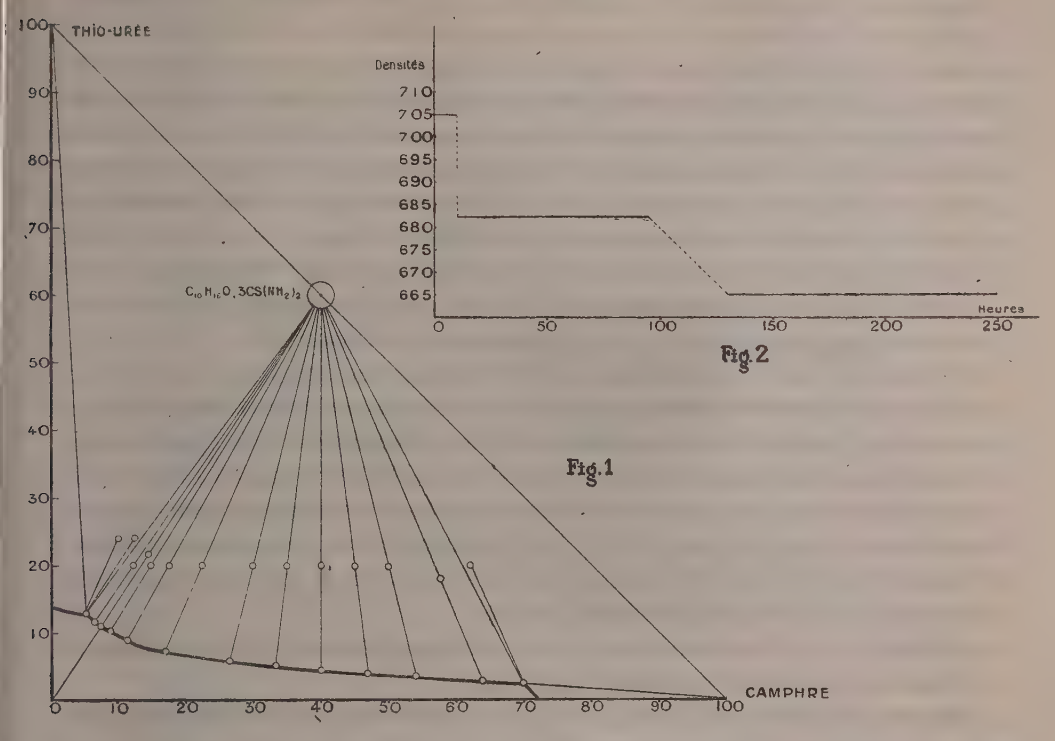


Fig. 2. — Densités — *lire* 0,8710, 0,8705, 0,8700, etc.

constituait bien une espèce chimique, j'ai déterminé sa chaleur de formation moléculaire.

Le procédé utilisé a été le suivant : on dissout dans la même quantité le méthanol (30^{cm^3}), d'une part, 3^g de complexe, d'autre part, dans une deuxième expérience, 3^g d'un mélange de cristaux de thio-urée et de camphre ayant la même composition centésimale que le complexe. On détermine dans les deux cas l'abaissement de température. La dissociation du complexe étant complète dans ces conditions, ainsi que je l'ai vérifié par ailleurs, l'état final après dissolution est le même dans les deux cas. La différence d'abaissement de température observée entre les deux essais permet donc de déterminer la chaleur de formation du complexe.

Celle-ci est de $Q_M = 4,7$ kg/cal. $\pm 0,3$.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Mécanisme de la formation de l'état ordonné dans une solution solide.* Note [1] de MM. **André Guinier** et **Roger Griffoul**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une précédente Note [2] nous avons montré comment la diffusion des rayons X par une solution solide partiellement ordonnée permettait d'étudier l'arrangement mutuel des atomes des deux constituants de l'alliage aux nœuds du réseau de la solution solide. Nous avons étudié sur l'alliage de formule $AuCu_3$ le mécanisme de la transition de l'état désordonné à l'état ordonné qui se produit lors du recuit progressif de l'alliage trempé. Cette étude a fait l'objet de plusieurs études récentes tant expérimentales que théoriques [3].

Certains faits expérimentaux qui n'avaient pas été observés par les auteurs cités nous ont permis d'arriver à des conclusions plus précises.

1° Dans le cas d'échantillons polycristallins, les raies de surstructure apparaissent d'abord faibles et larges, mais nous avons trouvé sur un alliage revenu deux heures à 250° que la raie 100 est déplacée vers les grands angles (le maximum d'intensité correspondant à un angle de Bragg de 11°,9 au lieu de 11°,8 théorique) et que la raie 110 est formée de trois composantes, l'une à la position théorique ($\alpha = 16°,8$), les deux autres symétriquement placées à 16°,2 et 17°,2, les raies de structure suivantes, 210, 211, etc. sont trop faibles pour pouvoir être étudiées de façon précise.

2° Dans le cas d'un monocristal nous avons pu observer la forme des zones de diffusion, entourant les nœuds de structure.

Chacun de ceux-ci est entouré de groupes de deux zones de diffusion symétriques placés sur des rangées *parallèles à deux des axes quaternaires du réseau réciproque*.

La figure 1 montre par exemple la disposition de ces zones pour les nœuds 100 et 110.

Cette disposition du réseau réciproque explique les phénomènes observés sur les diagrammes de poudre : anneau 100, de rayon plus grand que celui correspondant à la raie 100; anneau 110, large et symétrique par rapport à la raie théorique 110.

Pour expliquer l'élargissement des raies de surstructure de l'état d'ordre imparfait, Jones et Sykes avaient eu l'idée que le cristal était composé de domaines de petites dimensions parfaitement ordonnées, mais dont les réseaux

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 555.

(3) A. J. C. Wilson, *Proc. Roy. Soc.*, A, 181, 1943, p. 360; Z. Wilchinsky, *Journal of Applied Physics*, 15, XII, 1944, p. 807; C. H. Mac Gillavry et B. Stryk, *Physica*, 11, V, 1946, p. 369; 12, II-III, 1946, p. 129.

n'étaient pas cohérents entre eux, c'est-à-dire où les atomes d'or occupaient des plans différents dans la maille pour chaque domaine.

Il nous est possible de préciser la disposition relative de ces domaines et leurs dimensions approximatives.

Le fait que les zones de diffusion soient situées sur des axes (100) dans le réseau réciproque montre que, dans le cristal, les plans (100) jouent un rôle prépondérant dans les défauts de structure. Considérons dans une direction (100) un empilement de plusieurs couches d'égale épaisseur limitées par des plans (100) ordonnés, alternativement, suivant les deux modes possibles qui conservent les atomes d'or dans lesdits plans réticulaires (100) (*fig.* 2). Si l'on

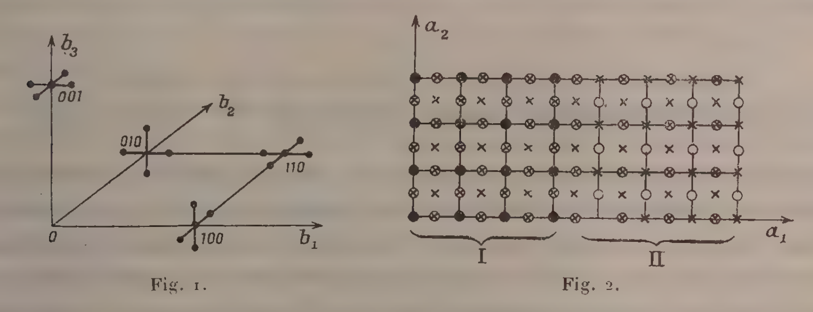


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Zones de diffusion dans le réseau réciproque.

Fig. 2. — Représentation de deux domaines perpendiculaires à la direction a_1.
● Atomes d'or aux cotes 0, 2, 4, ...
○ Atomes d'or aux cotes 1, 3, 5, ...
× Atomes de cuivre aux cotes 0, 2, 4, ...
⊕ Atomes de cuivre aux cotes 1, 3, 5, ...

suppose dans le cristal trois séries de tels domaines feuilletés parallèlement aux trois faces du cube, on rend compte des diffusions anormales observées. Le flou des taches provient de ce que la régularité des épaisseurs des feuillets n'est pas parfaite et que leur nombre est faible. L'épaisseur moyenne des feuillets serait de 150 Å. Leur diamètre serait à peu près du même ordre de grandeur. Ce qui est remarquable, c'est que pour un certain domaine de traitement thermique : refroidissement lent à partir de 400° ($T_c = 388°$) en 10 minutes, ou bien recuit de deux heures à 175°, ou encore deux heures à 250°, on trouve toujours la même valeur de l'écartement des composantes des raies (110) et par suite de l'épaisseur des feuillets. Il semble donc qu'entre l'état de désordre (ou ne subsiste qu'un ordre partiel à petite distance) et l'état ordonné, l'alliage passe par un état intermédiaire que nous avons décrit et qui possède une certaine stabilité. Il est intéressant de rapprocher ce processus de la transformation désordre-ordre dans l'alliage de formule Au-Cu. Johansson et Linde ont montré qu'il existait une phase intermédiaire caractérisée par l'alternance de dix couches, où l'atome d'or est au centre de la maille, suivies de dix couches où l'atome d'or est à un sommet de la maille. Dans ce cas particulier, la pério-

dicité est si parfaite que les zones de diffusion deviennent des taches aussi nettes que celles d'un cristal ordonné. Dans le cas de $Au\text{-}Cu_3$ un état aussi parfait n'est pas atteint, mais la phase intermédiaire tend néanmoins à se former.

Cet exemple met en évidence le rôle que joue dans la transformation à l'état solide, d'une part certains plans cristallins privilégiés, et d'autre part l'apparition d'une périodicité à une échelle de l'ordre de 100 Å. Ces deux faits ont déjà été signalés dans certaines études de métaux. Le premier a trouvé une application dans la transformation du cobalt hexagonal en cobalt cubique, et le phénomène de précipitation dans les alliages aluminium-cuivre; le second dans les alliages fer-nickel-cuivre pour lesquels Lipson a signalé une structure lamellaire.

GÉOLOGIE. — *Le glaciaire des environs de Lourdes.*

Note de Mlle **Henriette Alimen**, présentée par M. Charles Jacob.

Phases glaciaires pliocènes. — Au cours de phases glaciaires probablement pliocènes, une vaste calotte de glace s'est étendue sur la région lourdaise, recouvrant presque tous les sommets. Son front se maintenait approximativement à une altitude de 580 à 600^m et se raccordait vraisemblablement, au nord de Lourdes, avec les formations torrentielles du cône de Ger (du type Lannemezan) dont l'altitude, près du front glaciaire, était voisine de 550^m. Les dépôts glaciaires correspondant à ces périodes sont constitués par des blocs erratiques, non enrobés d'argile, jonchant les sommets, dont ils laissent aisément voir la morphologie glaciaire.

Moraines externes et hautes terrasses. — Durant le Quaternaire, une première phase a provoqué la descente, jusque sur un front dépassant Lourdes de quelques kilomètres vers le Nord, d'un glacier déjà un peu encaissé, ne recouvrant plus les sommets, mais occupant cependant une surface nettement plus large que l'actuelle vallée du Gave, et le dominant de 150^m environ. Ce glacier se terminait suivant un vaste arc de cercle, centré plus à l'Ouest que Lourdes, bordé par une moraine frontale qui bute contre la formation du cône de Ger, en lui restant inférieure (altitude 500 et 520^m). En avant du front glaciaire se voient, en plusieurs points, des formations fluvio-glaciaires très démantelées et plusieurs replats d'érosion (altitude 460 à 470^m au voisinage de la moraine). Vers Peyrouse, ces formations fluvio-glaciaires dominent le Gave de plus de 110^m.

Un véritable glacier de vallée succéda au précédent. Encaissé dans la vallée du Gave jusqu'à Lourdes, mais surmontant le thalweg actuel d'une soixantaine de mètres, il se prolongeait ensuite par plusieurs bras qui s'arrêtaient sur l'arc de cercle formant le front du glacier précédent. Deux bras septentrionaux se dirigeaient vers les vallées aujourd'hui sèches de Loubajac et d'Adé. Leurs moraines frontales (Poueyferré, Saux, altitude 445-448^m) se raccordent à

des formations fluvio-glaciaires constituant le fond actuel de ces vallées; leur altitude est de 428 à 430^m au voisinage de la moraine frontale. Elles passent à une terrasse qui, rejoignant le Gave à Pau, le domine en ce point de 67^m. Il est possible qu'un bras latéral occidental ait emprunté pendant quelque temps la dépression presque E.-W. du Lac de Lourdes [1], tandis qu'un autre bras latéral s'engageait vers l'Est dans la vallée de Lézignan.

Un stade postérieur de stationnement du glacier a amené l'abandon des deux vallées septentrionales de Loubajac et d'Adé. Le glacier s'est alors arrêté sur une moraine ceinturant immédiatement Lourdes (Marcadau-Sarsan, altitude 420^m). A ce stade correspond le fluvio-glaciaire de la vallée de Lézignan, inférieur à celui des vallées septentrionales (410^m au voisinage de la moraine) et probablement aussi la terrase de 411^m du Bois de Subercarrère, qui surmonte le Gave de 60^m.

On peut se demander s'il faut voir plusieurs époques glaciaires dans l'ensemble des dépôts morainiques dont il vient d'être question, malgré les traces d'érosion accompagnant le premier stade (l'érosion est normale en période de crue et de maximun glaciaire). Les tracés des langues glaciaires dans ces divers stades, tels qu'on peut les reconstituer, évoquent plutôt une décrue sur place, sans recul appréciable, avec séparation en plusieurs bras, comme cela s'observe dans les décrues des glaciers actuels. Ainsi pourrait s'expliquer l'arrêt du véritable premier glacier de vallée sur le front même du vaste glacier antérieur. Enfin les dépôts glaciaires de toute cette période ont des caractères sensiblement homogènes : il s'agit de blocs erratiques, enrobés dans une très faible quantité d'argile; leur épaisseur est toujours faible, et ils donnent l'impression d'un glaciaire très ancien.

Les dépôts de cette longue phase glaciaire, pendant laquelle le glacier a commencé à s'encaisser dans la vallée, ne sont nulle part, dans les Pyrénées, conservés comme dans la région de Lourdes.

Moraines internes et basses terrasses. — Des dépôts glaciaires plus internes de la chaîne s'observent à Argelès. Ils contiennent une notable épaisseur d'argile et ont un aspect très frais. Leur passage à des formations fluviatiles ne paraît pas conservé. Celles-ci, d'Argelès à Aspin, consistent uniquement en terrasses de lobes de méandres surmontant le Gave de 5^m seulement. En aval d'Aspin et de Lourdes se développe l'ensemble des basses terrasses de 25-30^m, 15-18^m et 10^m.

---

(1) P. LASSERRE, *La morphologie glaciaire du Bassin de Lourdes* (*Revue géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest,* 1, 1930, p. 302.)

GÉOLOGIE. — *L'accident majeur de l'Anti-Atlas.*
Note de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

On connaît déjà suffisamment la nature et la signification du grand accident sud-atlasien qui traverse le Maroc de part en part et sépare la chaîne précambrienne de l'Anti-Atlas du domaine atlasique hercynien. Un autre accident tectonique, d'une importance comparable, traverse de l'Est à l'Ouest la chaîne anti-atlasique elle-même, et l'on suit cet *accident majeur de l'Anti-Atlas* sur plus de 400^{km}, depuis les abords du Sous jusque dans la région de Taouz.

Je l'ai étudié d'abord en 1939, dans la région de Zagora (O. Dra), où il se présente sous la forme d'un graben affaissé de plusieurs centaines de mètres (coupure du Bani au Tizi Tafilalet, chaînon quartzitique de Zagora traversant les schistes de la plaine ordovicienne du Dra, vaste couloir ordovicien recoupant obliquement la koudiat acadienne des Aït Yahia et se continuant vers l'Ouest à travers les calcaires géorgiens). Ailleurs il revêt la forme d'un faisceau de failles ou même d'une large zone faillée. On le retrouve le long de la bordure Nord des boutonnières précambriennes d'El Graara et du Bou Azzer célèbres par leurs gisements de cobalt. Plus à l'Ouest, il longe la chaîne précambrienne quartzitique d'Amsing-Aoutil (Tazenakht), où il est jalonné par des lambeaux de calcaires géorgiens s'intercalant entre cette chaîne et les rhyolites de la Bachkoun. Il remonte ensuite l'Oued Amara (Aït Ouakharda) pour aller longer le pied méridional du massif précambrien du Siroua. Enfin il rejoint par Irhil n'Oro le pied du J. Aouderdoukt, sommet culminant des environs de Taliouine, pour se perdre dans la masse des calcaires géorgiens verticaux des Ikhizious à travers lesquels il semble rejoindre l'accident sud-atlasien en amont d'Aoulouz.

Dans la région du Siroua, l'accident majeur est doublé d'un accident satellite, traversant obliquement, suivant une direction Ouest-Sud-Ouest, l'appareil volcanique du Siroua et la vallée d'Irhiri. De même, dans la région de Taliouine, un faisceau de failles s'en sépare. Il va rejoindre la plaine du Sous par le Sud en longeant l'Oued Arhrenne.

Dans la direction de l'Est, le graben de Zagora se continue jusqu'à Oum Jerane pour rejoindre au Sud des Maider la zone faillée du J. Mrhorfi. Il remonte ensuite la vallée du Ziz jusqu'à Taouz, puis se perd à l'Est dans les étendues carbonifères du Kseit.

De direction sensiblement Ouest-Est le long du massif de Siroua, l'accident majeur s'oriente à partir de Tazenakht vers l'Est-Sud-Est puis, à Zagora, rebrousse vers l'Est-Nord-Est.

L'âge hercynien de l'accident majeur de l'Anti-Atlas ne peut pas être mis en doute. On doit le considérer comme immédiatement postérieur à la phase des plis de couverture et par conséquent contemporain de celle du soulèvement du

pli de fond hercynien de l'Anti-Atlas ([1]). En effet son comportement dans la région de Zagora, où il recoupe les éléments structuraux, démontre qu'il est pratiquement indépendant du plissement hercynien proprement dit.

Par contre l'accident majeur contourne les éléments tectoniques dont l'érection était due aux prédispositions structurales du socle précambrien. De plus, sur la majeure partie de sa longueur, il est jalonné de bandes ou lentilles de serpentine (El Garra, Bou Azzer, O. Amra, flanc sud du Siroua). Enfin, dans sa traversée de certains massifs précambriens (O. Amara, N' Kob, Zaouia Amassine), il se confond avec des accidents tectoniques précambriens (zones d'écrasement et de laminage, cicatrices d'anciens chevauchements, etc.). C'est donc un accident majeur de la chaîne précambrienne, repris par l'orogénie hercynienne, ce qui explique son orientation et son indépendance par rapport à la tectonique hercynienne.

L'accident majeur de l'Anti-Atlas fut également repris par l'orogénie alpine. Son rejet récent, se traduisant par un soulèvement de sa lèvre nord, ne se manifeste que dans la partie occidentale (entre Taliouine et Tazenakht) et devient insensible vers l'Est. Ce fait est particulièrement frappant au droit du massif précambrien du Siroua : les coulées phonolitiques qui le surmontent sont soulevées de près de 500^m par rapport aux étendues laviques s'étalant à ses pieds. Parfois le soulèvement fut même accompagné de renversements locaux (écaille de serpentine entre les Ait Athmane et Arg des Zagmouzan accompagnée de copeaux de quartzites précambriens et de calcaires géorgiens, chevauchant sur plus de 500^m les phonolites de la lèvre abaissée).

Le soulèvement récent a également affecté l'accident de l'Oued Arhrene, qui décale de 200^m environ la surface préhammadienne ([2]), ainsi que l'accident satellite traversant le volcan du Siroua, auquel ce dernier est redevable de sa dissymétrie.

J'ai établi récemment ([3]) que les éruptions principales du Siroua datent de la fin du Pontien. Le dernier rejeu de l'accident majeur de l'Anti-Atlas est donc dû aux toutes dernières phases tectoniques alpines (phase postpontienne et phase pliocène).

([1]) G. Choubert, *Au sujet du terme de l'Anti-Atlas*, voir *Revue de Géographie marocaine*, n° **1**, 1943 p. 20.

([2]) G. Choubert, *Comptes rendus*, **213**, 1941 p. 586.

([3]) *Note préliminaire sur le Pontien au Maroc* (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, **15**, 1945, p. 734).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la détermination de la couche de sol gelé.* Note de MM. **André Cailleux** et **Émile Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

Faute, semble-t-il, de dispositifs de mesure suffisamment simples, le gel du sol est encore mal connu. Son étude, cependant, s'avère si importante pour l'agronomie, l'hydrologie et les travaux publics, qu'elle suscite des recherches de plus en plus nombreuses; récemment Kirk Bryan [1] a proposé pour elle le nom de cryopédologie.

Recherchant un procédé de mesure de la couche de sol gelé susceptible d'être appliqué en de nombreuses stations, nous avons renoncé à la méthode directe des agronomes, peu précise et trop laborieuse, et aux sondages thermométriques (thermomètres ordinaires, à résistance de platine ou thermoélectriques) trop longs ou trop coûteux et nous avons fait appel au gel même de l'eau. Un tube de verre cylindrique mesurant 80^{cm} de longueur, 30^{mm} de diamètre et 2^{mm} d'épaisseur, est placé, à demeure, verticalement dans le sol; son extrémité inférieure est fermée et son extrémité supérieure qui émerge de quelques centimètres est coiffée d'un petit couvercle. On sait par ailleurs (mesure ordinaire de la température du sol) que, dans ces conditions, la température de l'atmosphère du tube est, en chaque point, égale à celle du sol encaissant. Dans le tube de verre est logée une tige de bois, de même hauteur que le tube, portant une graduation en demi-centimètres dont le zéro coïncide avec la surface du sol. La tige, aplanie sur un côté, est creusée d'encoches, régulièrement espacées de 6 en 6^{mm}, portant chacune un tube de verre, horizontal (20^{mm} de long et 4^{mm} de diamètre), ouvert aux deux bouts et rempli d'eau qui s'y maintient par capillarité. L'eau peut geler dans ces tubes sans les briser et on lit l'épaisseur de la couche de sol gelé en sortant la tige et en observant les positions des tubes remplis de glace. Le matériel est ainsi très simple, les lectures sont directes et presque instantanées et la précision de la mesure est excellente; les variations observées d'un jour à l'autre correspondent ici à un phénomène réel.

Nous nous proposons de préparer pour l'hiver prochain un dispositif plus robuste en remplaçant le tube de verre extérieur par un tube de céramique et la tige en bois par une tige en matière plastique; des essais de coloration de l'eau pour améliorer la visibilité du gel, et de fermeture des petits tubes sont en cours.

L'appareil décrit a été installé à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, le 1er décembre 1946, dans un sol gazonné et il a été lu chaque jour à 15^{h} (T. U.). Nous avons pu ainsi, durant tout l'hiver dernier, suivre pendant chacune des

---

(1) *Amer. Journ. Sci.*, 244, 1946, pp. 622-642.

périodes froides la pénétration du gel dans le sol et, ensuite, la marche du dégel par le haut et par le bas. Les mesures courantes de la température de l'air sous abri et de la température du sol aux profondeurs $0^m,30$, $0^m,65$ et 1^m étant, d'autre part, poursuivies au voisinage immédiat du *cryopédomètre*, on a ainsi des documents précis sur l'évolution thermique de la surface du sol gazonné de l'Observatoire, durant un hiver, évolution dans laquelle la circulation de la vapeur d'eau, du sol plus chaud vers la couche gelée où elle se condense, nous semble jouer un rôle important.

A titre d'exemple, voici les limites supérieure et inférieure de la couche gelée (comptées en cm), à 15 h., pendant la période de gel la plus sévère de l'hiver 1946-1947; l'indication 0 pour le niveau supérieur correspond évidemment au sol gelé en surface.

	Janvier 1947.									
Date	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.
Niveau supérieur...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Niveau inférieur...	0	2	3	5	8	10	12,5	14	23	24

	Février 1947.									
Date	1er.	2.	3.	4.	5.	6 (*).	7.	8.	9.	10.
Niveau supérieur...	0	0	3	5,5	7	7	7	6,5	7,5	0
Niveau inférieur...	24	23,5	23	16	16	16	16	15	12,5	0

(*) et de 0 à 0,5.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les rechs, sillons sous-marins du Plateau Continental des Albères (Pyrénées-Orientales).* Note de M. **Jacques Bourcart**.

Georges Pruvôt avait entrepris à bord du *Roland*, vapeur du Laboratoire de Banyuls, une étude par sondages et dragages du Plateau Continental au large des Albères et du Roussillon (1).

Un des traits les plus remarquables de la morphologie de ce plateau est d'être creusé de deux profonds sillons sous-marins, auxquels Pruvôt a donné le nom de *rechs* : ravins en catalan, le rech Lacaze-Duthiers et le rech du Cap.

Ces sillons sous-marins sont comparables à ceux qui, en très grand nombre, accidentent le Plateau Continental des États-Unis ou celui du Portugal (2). Comme eux, ils débutent vers la cote — 200 par une sorte de cirque. Leur pente, qui paraît à l'origine de 2,5 %, s'accroît vers l'aval jusqu'à atteindre 3 %. Celle des rives ne dépasse pas 20°. Ce ne sont donc pas de véritables *cañons*, nom que leur donnent en général les auteurs américains.

L'explication de ces curieux ravins a été cherchée, depuis Eduard Suess,

(1) *Archives et Zoologie expérim. et gén.*, 3e série, **2**, 1894, pp. 599-672.

(2) *Revue critique* dans Cl. Francis Boeuf, *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, 3e série, **11**, p. 399, et Perpillou, *Ann. de Géol.*, **52**, 1943, p 292.

dans les actions les plus variées : érosion de fleuves au cours d'une période de régression, failles ou effondrements, érosion par des courants de retour sous-marins chargés de sédiments au cours de la période glaciaire. Cette dernière hypothèse, suggérée à Daly par le sillon sous-lacustre du Rhône, a été appuyée par des expériences *ad hoc* de Kuenen en Hollande et de Bell aux États-Unis, en supposant que les parois ne sont pas formées de roches dures.

Au cours de l'été de 1946, j'ai exploré à bord du dragueur de mines 333, le rech Lacaze-Duthiers. Il n'est pas encore possible de dire si ses parois, actuellement recouvertes de boue bleue méditerranéenne, sont faites en roche dure ou non. Mais au voisinage du cirque initial du sillon, s'élève la roche Fountaindreau, véritable pic sous-marin, dont les abords sont recouverts, comme l'avait déjà indiqué Pruvôt, d'un cailloutis dont les éléments peuvent atteindre la dimension d'une tête d'enfant. Ce cailloutis se poursuit d'ailleurs jusqu'à 600^{m} sous la boue bleue qui remplit le thalweg. Il est fait de quartz de filon, de quartzite, de granite, de schistes verts du type de ceux des Albères, tous patinés de fer, enfin, de calcaires gris noirs, de calcaires blancs à alvéolines, de grès marins littoraux à ciment de calcite limpide.

Si la plupart de ces roches existent dans les Albères, un premier problème est posé par les cailloux calcaires, notamment par ceux à alvéolines que M. R. Abrard estime crétacés. Ils ne peuvent provenir que d'affleurements sous-marins, encore inconnus, ou d'une couverture sédimentaire des Albères, actuellement entièrement disparue, de composition analogue à celles des régions calcaires de l'Espagne.

Quant aux graviers de grès marins, ils ne ressemblent qu'au Quaternaire ancien (Tyrrhénien supposé) d'Agde ou de Leucate. Si cette attribution était vérifiée, elle donnerait un âge post-tyrrhénien au creusement du sillon.

L'existence d'un cailloutis tout du long du chenal nous oblige aussi à choisir, comme mode de formation du sillon, l'érosion subaérienne d'une rivière. Mais cette explication se heurte à deux diffficultés :

1° Le profil en long du sillon montre, contrairement à celui d'une rivière, un accroissement de la pente de l'amont vers l'aval.

2° Il est impossible d'imaginer au cours du Quaternaire, une régression marine de l'ordre de 800^{m} au moins. L'une et l'autre de ces objections peuvent pourtant être levées si l'on admet une déformation en synclinal du fond de la mer s'opposant à la déformation en anticlinal de Albères.

Cette dernière explication peut s'appuyer sur la faune des Mollusques, tous littoraux, dragués avec le cailloutis dans toute l'étendue du rech.

Ces coquilles sont de teinte grise, fortement corrodées et partiellement transformées en gypse; ce sont [1] :

---

[1] Détermination de M. A. Chavan.

Fissurella græca (LK), *Capulus hungaricus* (L), *Circe* (*Gouldia*) *minima* (MTG), *Glans* (*Cardita*) *aculeata* (POLI), *Venus verrucosa* (L), *Barbatia nodulosa* (MÜLL.), *Chlamys clavata* (POLI), *Nuculana fragilis* (CHEMN.), *Astarte fusca* (POLI), *Astarte sulcata* (DA COSTA), *Modiola modiolus* (L), auquel il faut ajouter : *Terebratula vitræa* (GM.), des baguettes et fragments de test de *Cidaris*.

Parmi ces espèces : *Modiola modiolus* et *Astarte sulcata* sont des espèces *boréales*, déjà draguées par Pruvôt au cap Creus dans les cailloutis qui recouvrent à partir de 70 mètres le Plateau Continental et se prolongent sous les boues du large. Il avait d'ailleurs recueilli, au voisinage de Fountaindreau, parmi des espèces méditerranéennes, un autre Gastéropode de la faune froide *Neptunea contraria* (L).

La faune du Cap Creus était considérée par Pruvôt comme appartenant au Sicilien. Mais cet étage est manifestement transgressif (son littoral serait à +90-100), et il est le plus souvent représenté par des *marnes* bleues, équivalent des boues du large.

Il faut donc supposer que le Sicilien a été profondément déformé. Mais si l'on accepte cette déformation, je crois qu'il est plus simple, étant donné le faciès très grossier du sédiment, de l'attribuer à une phase régressive et à une époque glaciaire et peut-être même, vu qu'une seule couche mince de boue le recouvre, à la dernière époque glaciaire.

Le rech n'a peut-être pas été creusé aussi tard, mais la présence de cailloutis montre qu'il a coulé à ce moment.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Circulation basifuge des auxines dans les tissus de la Vigne*. Note (1) de M. **FRANÇOIS NYSTÉRAKIS**, présentée par M. Joseph Magrou.

Des expériences sur la Vigne, tant à la lumière qu'à l'obscurité, nous ont laissé supposer que la circulation des auxines, considérée généralement comme basipète, pouvait être basifuge.

Pour le démontrer, nous avons appliqué à différents endroits (entre-nœuds, feuilles) de tiges de Vigne un emplâtre de lanoline contenant 50 à 200^{mg} d'acide indol-β-acétique par gramme de lanoline; les témoins recevaient le même enduit sans auxine.

Le tableau ci-après contient les résultats de quelques-unes de nos expériences de 1944, résultats confirmés en 1945 et 1946.

L'application d'un emplâtre auxiné (200^{mg}) sur le pétiole de la 4e feuille à partir du sommet (la tige en portait 7), à 5^{mm} de son point d'insertion, de plusieurs tiges, maintenues à la lumière, de l'hybride Seibel 8916, provoque :

(1) Séance du 14 avril 1947.

mg d'auxine par g. de lanoline.	Endroits de l'application de l'auxine.	Longueurs de la tige. Au début. Dates.	cm.	A la fin. Dates.	cm.	Allongement. cm.
	Cépage : S. 8916 en pots, gardé au laboratoire.					
100	Les deux nervures principales de la troisième feuille (à partir du sommet de la tige).	29-4	9	10-6	9,5	0,5
Témoin	id.	29-4	8	10-6	45	37
100	Milieu du pétiole des deuxième et troisième feuilles.	25-5	11	25-6	22,5	11,5
Témoin	id.	25-5	7	25-6	49	42
	Cépage : Chasselas, développé en plein soleil.					
200	Point d'insertion du pétiole de la deuxième feuille.	10-5	41	29-6	42	1
Témoin	id.	10-5	36	29-6	96	60
200	Milieu du pétiole de la troisième feuille.	20-6	65	20-7	82	17
Témoin	id.	20-6	62	20-7	96	34
	Cépage : Musqué, développé à l'ombre d'un arbre.					
200	Point d'insertion du pétiole des troisième et quatrième feuilles.	5-5	62	16-6	62	0
200	Point d'insertion du pétiole des troisième et quatrième feuilles et un emplâtre annulaire sur le quatrième entre-nœud.	5-5	73	19-6	74	1
Témoin	id.	5-5	53	19-6	138	85
	Cépage : Riparia-Gloire, développé en plein soleil.					
200	Point d'insertion du pétiole de la troisième feuille.	26-5	80	19-6	102	22
200	Point d'insertion du pétiole de la quatrième feuille.	26-5	75	19-6	135	60
Témoin	id.	26-5	65	19-6	258	193
	Cépage : S. 5455, développé à l'ombre d'un arbre.					
200	La base du pétiole de la deuxième feuille.	26-5	61	19-6	68	7
200	La base du pétiole de la troisième feuille.	26-5	67	19-6	80	13
200	Un emplâtre annulaire sur le quatrième entre-nœud.	26-5	58	19-6	60	2
Témoin	id.	26-5	50	19-6	115	65

au bout de 3 jours, une forte prolifération des cellules des nœuds supportant le pétiole et, 10 jours après, l'augmentation de volume d'une grande partie des mérithalles contigus aux nœuds, mais du côté seulement de la feuille traitée, d'où aplatissement identique des deux mérithalles du même nœud, mais allant en diminuant à partir de celui-ci. En même temps, la croissance de l'extrémité de la tige était inhibée, parfois même complètement arrêtée.

Par la même méthode, nous avons observé avec de jeunes feuilles (emplâtre appliqué sur la base des pétioles) :

1° l'inhibition de la croissance du pétiole et du limbe,

2° le plissement plus ou moins complet du limbe suivant la nervure médiane, aussi bien du côté supérieur que du côté inférieur.

Comme dans les expériences sur la croissance de la tige, d'autres facteurs que la concentration en auxine doivent intervenir : l'époque du traitement, la variété, les conditions extérieures, la teneur en auxine de chaque plante, la sensibilité des cellules vis-à-vis des auxines, la perméabilité du protoplasme, etc. Comme précédemment, la croissance du bourgeon terminal était inhibée.

Nous avons observé également, à la suite du traitement d'entre-nœuds ayant terminé leur croissance, l'apparition d'une vrille sur le mérithalle situé au-dessus.

En résumé, à la suite de l'application d'auxine sur la tige et sur le pétiole :

1° l'inhibition de la croissance du bourgeon terminal, de la feuille, les plissements du limbe,

2° l'apparition d'hypertrophies sur les mérithalles situés au-dessus du point d'application,

3° la formation d'une vrille sur l'entre-nœud supérieur à celui qui a été traité, constituent un ensemble de faits, qui mettent tout d'abord et une fois de plus en évidence le rôle des phytohormones et montrent que ces substances peuvent circuler, dans la Vigne tout au moins, dans le sens basifuge.

ANATOMIE. — *Soulèvements corticaux d'origine vasculaire sur le cerveau de l'Éléphant.* Note de M. **Jean Anthony**, transmise par M. Louis Fage.

Deux sortes de méthodes ont été utilisées jusqu'ici pour étudier le cerveau de l'Éléphant. La première consiste à confectionner des moulages endocraniens; on a ainsi la forme exacte de l'organe, mais en raison de l'épaisseur de la dure-mère, il n'est possible de déceler aucun plissement. Suivant la seconde, on prélève le cerveau aussitôt après la mort et on l'immerge dans un fixateur; tout l'appareil circonvolutionnaire apparaît alors en bon état, mais le cerveau tendant à s'étaler du fait de son poids, sa forme générale s'altère considérablement au cours de la fixation. J'ai récemment préparé un cerveau d'Éléphant adulte de l'Inde en le fixant directement dans le crâne par un

procédé banal, couramment employé par plusieurs auteurs pour différents groupes de Mammifères. Une solution de formol à 10 % a été injectée dans le système carotidien; sa pénétration dans le tissu cérébral a été complétée par l'aménagement de deux orifices de trépanation mettant à jour la dure-mère en regard de l'extrémité antérieure des hémisphères. La tête entière est ensuite demeurée trois semaines dans une cuve remplie de formol à 15 % ; après quoi, le crâne a été détruit tout autour du cerveau. C'est la première fois qu'un cerveau d'Éléphant est fixé de cette façon.

Je pensais que ce cerveau durci en position se bornerait à réunir les qualités des pièces antérieurement préparées et pourrait éventuellement servir, par exemple, à calculer des indices nécessitant le repérage de certaines anfractuosités. Or, en excisant la dure-mère, j'ai mis à jour un ensemble de formations qui, à ma connaissance, n'avaient encore jamais été signalées.

Sur la totalité de l'écorce, de place en place, le neopallium est très légèrement soulevé en petites éminences coniques centrées chacune sur un paquet vasculaire. Il n'y a là rien qui puisse surprendre. Les veines se rendant du cortex à la dure-mère, particulièrement développées dans le cas présent par suite de la taille énorme de l'animal, rendent apparente une déformation pratiquement insensible sur les autres Mammifères. Mais, dans la partie postérieure de la face supérieure du cerveau, dans le voisinage du pôle occipital par conséquent, ces petits cônes de substance grise prennent un développement tel, qu'ils peuvent atteindre un centimètre de long sur un centimètre de diamètre à leur extrémité distale. Ce sont alors des éléments pédonculés, papilliformes, qui seraient caractéristiques de l'Éléphant. La morphologie des circonvolutions occipitales, qui les supportent, s'en trouvent appréciablement modifiées.

Les soulèvements que j'ai observés ne sont certainement pas des artefacts puisque l'encéphale a été fixé tel qu'il se présente sur le vivant. Ils sont du reste tous contenus dans des logettes creusées dans l'épaisseur de la dure-mère. Les fibres conjonctives s'ordonnent autour de ces logettes, spécialement à leur entrée où elles tissent un collet très dense. L'hypothèse d'artifices de préparation est ainsi éliminée. On comprend que ces soulèvements aient jusqu'à présent échappé à l'attention des anatomistes, car, ni le cerveau immergé, qui s'affaisse immédiatement, ni le moulage endocranien, qui reproduit seulement la face superficielle de la dure-mère, n'en peuvent donner la moindre idée. Le fait qu'ils se groupent, sur chaque hémisphère, dans l'angle formé par la faux du cerveau et la tente du cervelet, me paraît très significatif : c'est là que se place en effet, sur la ligne médiane, entre deux feuillets duremériens, le pressoir d'Hérophile, l'un des principaux confluents veineux céphaliques. Il était normal, *a priori*, que les papilles les plus élevées se situent à l'endroit où la circulation veineuse est le plus intense.

Sous réserve qu'il s'agisse d'une variation individuelle — ce qu'il m'est impossible de contrôler pour l'instant — on peut en somme tirer de cette

observation la conclusion suivante : chez l'Éléphant, mammifère de taille exceptionnelle et dont le système veineux céphalique est justement réputé pour sa complexité, les veines allant du cerveau à la dure-mère sont capables de soulever de place en place de petits territoires corticaux, qui prennent l'allure de papilles corticales, propres à l'Éléphant, aux endroits où la circulation veineuse atteint son maximum d'intensité. J'ajoute que le même encéphale m'a fourni par ailleurs de précieux renseignements, qui seront prochainement publiés, sur la constitution du polygone de Willis et les rapports de la loge hypophysaire.

ÉVOLUTION MORPHOLOGIQUE. — *Aperçu synthétique de l'évolution de l'appendice cæcal. Évolution de l'appendice et phénomène d'adaptation.* Note de **M. Frédéric Gluckmann**, transmise par M. Paul Portier.

Dans une série de Notes, nous avons déjà envisagé le problème de la signification morphologique et fonctionnelle de l'appendice, sous ses différents aspects : anatomique, structural, embryologique et évolutif. Des faits rapportés il résulte en particulier que la conception si fortement ancrée depuis la fin du siècle dernier d'après laquelle l'appendice ne serait que l'extrémité atrophiée, par dessuétude, du cæcum plus ample des Herbivores, n'est qu'une vue de l'esprit. L'appendice, malgré une infériorité organique manifeste (due à une dégradation secondaire toute récente), est un organe en pleine évolution phylétique, une des aquisitions les plus caractéristiques de la forme primate.

L'évolution de l'appendice, depuis sa première ébauche contractile, jusqu'à ses formes les plus perfectionnées chez les Primates supérieurs, est en corrélation symétrique avec le développement progressif de l'attitude bipède. Or, ces deux phénomènes ne sont pas seulement corrélatifs. Un rapport de causalité directe entre eux s'avère nécessaire pour de multiples raisons :

1° Le côlon droit est devenu *ascendant* chez les Primates;

2° L'énergie neuro-musculaire nécessaire pour la propulsion d'une masse lourde et épaisse ne peut pas être *la même* dans un canal vertical ou horizontal;

3° A un travail accru, si l'équilibre fonctionnel s'est rétabli, a dû correspondre inéluctablement *une hypertrophie adéquate* des dispositifs neuro-musculaires en cause;

4° La réalité de cette hypertrophie est prouvée anatomiquement par la présence au niveau de l'ébauche appendiculaire contractile des Singes inférieurs (précisément de ceux qui ont manifesté les premières tentatives d'érection, voir figures 1 et 2, planche I, Note du 28 avril 1947), d'un ganglion sympathique [1] hautement différencié (*fig.* 21-26);

5° La filiation directe entre l'appendice contractile et l'appendice différencié

---

(1) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 517.

est établie par plusieurs faits, dont : l'*identité* du point cæcal où se produit l'appendiculisation contractile chez les Singes, avec celui où *s'implante* l'appendice différencié (*fig.* 11, 12 et 13, planche I), chez les Primates supérieurs (qui, graduellement, ont adopté l'attitude bipède; voir figures 3-10 et 11-17, planche I); et le fait que l'appendice différencié constitue *la racine* des bandelettes (muscles releveurs du cæcum), tout comme l'appendice contractile constituait la racine des bandelettes primitives.

Le déterminisme probable du phénomène appendiculaire contractile est l'*action irritante* des matières sur son substratum nerveux, comme nous l'avons suggéré. Il apparaît ainsi comme un simple mouvement réactionnel *de défense*.

Cette hypothèse est plausible pour plusieurs raisons : 1° parce que le caractère de cette contraction est spasmodique; 2° parce que son résultat est l'occlusion hermétique de la cavité qu'elle délimite; 3° parce que l'alternative d'un rôle mécanique, de pétrissage, du phénomène n'est pas à envisager, la parcelle de paroi cæcale affectée par elle étant trop insignifiante pour avoir une action efficace sur la totalité d'un bol consistant et massif.

Cette hypothèse est corroborée aussi par le fait que les autres mouvements réactionnels qui se sont succédés au cours de l'évolution de l'appendice différencié portent tous l'empreinte d'une même essence *défensive*. Les critères morphologiques de cette évolution, en effet, sont les suivants : 1° *rétrécissement* progressif du canal, qui devient virtuel (forme de plus en plus cylindrique); 2° *ascension* graduelle de l'embouchure; 3° *valvulation* de plus en plus efficiente de l'orifice; 4° organisation *folliculaire* étalée.

Or, tous ces attributs, apparemment disparates, ont ceci de commun qu'ils révèlent une même tendance *soustractive*, active ou passive, d'un substrat nerveux fragile à l'action pernicieuse du milieu septique, qui, dans l'appendice humain, prendra le pas sur ses moyens de défense. *Cette action nocive des matières est d'ailleurs la seule explication de l'hypertrophie aberrante d'un organe qui, sans elle, devait se produire* in situ.

En résumé, isolement de la pointe cœcale, différenciation excentrique, migration ascendante, amplification de l'appareil lymphatique (qui fait de l'appendice, dont la flore microbienne est dans l'organe normal d'une pauvreté remarquable, une véritable amygdale, non pas abdominale, mais *sa propre* amygdale), acquisition de la valvule, enfin, terme d'une séparation complète entre canal appendiculaire et masse fécale, constituent donc autant d'étapes d'une longue évolution, dont les effets convergents ont été le renforcement continuel de l'autodéfense.

L'évolution de l'appendice cæcal est ainsi faite d'une suite ininterrompue de réactions adaptatives enchaînées, qui ont conduit peu à peu à la création *d'un organe nouveau*. C'est un exemple complet d'adaptation organique aux changements d'habitudes, qui entraînent des changements de besoins, puis d'actions, puis de formes, exemple conforme à l'esprit lamarckien le plus intégral, que les adeptes de toute autre théorie évolutive ne sauraient jamais interpréter de manière satisfaisante. Souligné par une indéniable et tangible empreinte *dans le germe* ([2]), il est en fait inaccessible aux solutions des petites variations au hasard des mutations, ou de l'adaptation germinale préétablie, ou de la sélection éliminatrice, qui isole si fortement l'organisme

---

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 594.

vivant de son environnement (et qui, par son essence même, suppose : 1° une transmission héréditaire, non pas des modifications acquises, mais des variations *innées*; 2° une survivance *seulement* des organismes les mieux adaptés, présentant ces variations innées. Ce qui, en l'occurence, s'avère de la pure spéculation. Car les troubles de transit cæco-ascendant, s'ils sont effectifs ([3]), sont si insensiblement progressifs, si bénins, si insignifiants pour l'équilibre global de l'économie, qu'une incompatibilité quelconque, fût-elle relative, entre eux et la vie ou la capacité de reproduction, n'est guère concevable, et ceci pour *l'ensemble* des individus constituant le groupe).

Le concept lamarckien de l'évolution est seul capable de rendre compte, en accord avec les exigences d'un déterminisme scientifique rigoureux, d'une telle création organique lente, graduelle et en permanente corrélation avec les changements des conditions d'existence. L'évolution de l'appendice cæcal révèle en outre, et d'une manière éclatante, cet attribut fondamental de l'organisme vivant, qui est *sa plasticité*, postulat princeps de l'intuition de Lamarck, qui lui permet, dans son incessant conflit avec les forces implacables du milieu, d'en triompher en s'y modelant. Elle montre que la vie, dans son essence, est une force active qui tend à se manifester parmi les forces contraires du milieu, et qui ne se canalise que par les voies les plus accessibles pour une modalité donnée, suivant des équations rigoureuses, dont les termes, en éternelle fluctuation, constituent les facteurs de l'évolution.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet des sensations lumineuses en vision monoculaire et en vision binoculaire.* Note ([1]) de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

Un objet vu des deux yeux paraît-il plus brillant que le même objet vu d'un seul œil ? La question est controversée ([2]), quoique diverses expériences simples répondent par l'affirmative ([3]). Les seules mesures quantitatives qui aient été faites sont, à ma connaissance, celles de Fry et Bartley ([4]). Ces auteurs ont mesuré la brillance de deux plages juxtaposées, l'une vue binoculairement et l'autre monoculairement, à égalité de brillances apparentes. Il ressort de leurs mesures que pour obtenir l'égalité de brillances apparentes,

---

([3]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1183.

([1]) Séance du 9 avril 1947.

([2]) Voir, par exemple, l'article de L. Opin dans le tome II du *Traité d'Ophtamologie*.

([3]) En voici une que chacun peut facilement réaliser. On regarde une surface fortement éclairée en plaçant devant chaque œil un tube en papier. Faisant légèrement converger les deux tubes, en sorte que les deux champs monoculaires empiètent l'un sur l'autre, on observe que la partie commune aux deux champs, vue binoculairement, paraît nettement plus brillante que les champs monoculaires.

([4]) *Am. J. Ophtal.*, **16**, 1933, pp. 687-693.

la plage vue monoculairement doit être plus éclairée que celle vue binoculairement, dans un rapport moyen voisin de 1,6. Ce rapport augmenterait avec la brillance, et dépasserait même 2 aux fortes brillances, suivant Fry et Bartley.

Principe des mesures. — J'ai étudié le phénomène en lumière *dirigée*, utilisant à cet effet le montage déjà décrit dans une Note antérieure ([5]), complété par une troisième source ponctuelle S_3, placée près de la source S_1, en sorte que son image S'_3 tombe au centre de la pupille de l'autre œil de l'observateur. De cette façon la plage inférieure de la lentille, éclairée par S_2, était vue d'un seul œil, tandis que la plage supérieure, éclairée à la fois par S_1 et par S_3, était vue du même œil ou des deux yeux simultanément, suivant que la source S_3 était obturée ou non.

Les trois sources éclairaient en lumière jaune de sodium. Les deux sources S_1 et S_3 étaient réglées à égalité d'intensité, tandis que celle de la source S_2 était réglable à volonté à l'aide d'un rhéostat.

S_3 étant obturée, je réalisais, à l'aide du rhéostat, l'équilibre des brillances des deux plages. Si je découvrais à ce moment S_3, la plage supérieure, vue binoculairement, me paraissait plus brillante, et je réalisais à nouveau l'équilibre des brillances à l'aide du rhéostat agissant sur l'intensité de la source S_2. La comparaison des deux mesures me fournissait, après étalonnage et calcul simple, l'augmentation de la brillance apparente de la moitié supérieure de la lentille lorsqu'elle était vue binoculairement. La principale difficulté consistait à régler convenablement les points d'impact des trois pinceaux sur les pupilles de l'observateur, afin d'éviter l'intervention de l'effet Stiles-Crawford.

Résultats obtenus. — Les chiffres fournis ci-dessous sont relatifs à un seul observateur, et ne constituent par conséquent qu'une indication, probablement sujette à des variations individuelles. Chaque chiffre est la moyenne réalisée sur une cinquantaine de mesures.

Brillance de la plage vue monoculairement (en bougies par mètre carré)	50,5	2,31	0,116
Brillance apparente de la même plage vue binoculairement (en bougies par mètre carré)	70,8	3,04	0,142
Augmentation relative de brillance apparente en vision binoculaire (%)	40,0	31,6	22,4

De même que Fry et Bartley, je trouve que l'augmentation relative de brillance apparente en vision binoculaire augmente avec la brillance. Mais les chiffres obtenus sont nettement inférieurs à ceux indiqués par ces auteurs.

Lorsque l'on compare les brillances apparentes d'un objet en visions monoculaire et binoculaire non pas *simultanément* mais *successivement*, le pourcentage d'additivité des excitations lumineuses monoculaires est plus faible encore : l'occlusion d'un œil provoque une légère dilatation de la pupille de l'autre, et

([5]) A. Ivanoff, *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 170-172.

par conséquent une augmentation de son éclairement rétinien ([6]), augmentation qui a pour effet de compenser en partie la diminution de brillance apparente due à l'occlusion d'un œil. Il ressort des mesures effectuées par Mlle Flamant que l'occlusion d'un œil provoque une dilatation de la pupille de l'autre ([7]) dans un rapport voisin de 1,12, quelle que soit la brillance. L'éclairement rétinien variant comme la surface de la pupille (si l'on néglige l'effet Stiles-Crawford), cette dilatation apportera donc à la perte de brillance apparente due à l'occlusion d'un œil une compensation dans un rapport voisin de 1,25. Toutefois, par suite de l'effet Stiles-Crawford, la compensation sera en fait plus faible, et n'excédera probablement pas 15 %. Dans le cas d'une comparaison *successive* des brillances apparentes monoculaire et binoculaire, nos chiffres deviendraient donc :

Brillance, en bougies par mètre carré	50,5	2,31	0,116
Augmentation relative de la brillance apparente en vision binoculaire (%)	22	14	6

Ce pourcentage, relativement faible en comparaison successive, expliquerait peut-être le fait que certains auteurs aient nié l'existence du phénomène.

BIOLOGIE. — *Action de l'extrait de thymus sur la créatine urinaire du Cobaye*. Note ([1]) de M. **J. Comsa**, transmise par M. Robert Courrier.

Nous avons précédemment relaté ([2]) que l'on peut supprimer les conséquences de la thymectomie chez le Cobaye par une opothérapie de substitution appropriée à l'aide d'extraits de thymus. Il nous a semblé important de vérifier l'effet de cet extrait sur la créatinurie du Cobaye thymiprive.

Première expérience : effet de la dose d'extrait ([3]) qui nous a permis de prévenir les effets de la thymectomie sur la croissance. Cette dose correspond à $0^g,05$ de thymus frais par 100^g de poids vif en 48 heures.

Cobayes mâles, $170\text{-}190^g$, thymiprives, recevant cette dose d'extrait dès le lendemain de l'opération.

Tableau I.

Jours depuis l'opération	2.	5.	10.	15.	20.	30.	40.
Créatine (mg par 100^g en 24 heures)	1,0	0,5	0,58	0,6	0,6	0,72	0,7

Les chiffres représentent la moyenne arithmétique de 7 cas chaque fois.

Comme on le voit, la créatinurie accrue du Cobaye thymiprive est intégra-

([6]) Sauf en lumière « dirigée ».

([7]) N'est-ce point là une preuve de l'additivité, tout au moins partielle, des excitations monoculaires ?

([1]) Séance du 14 avril 1947.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **133**, 1940, p. 29.

([3]) Préparé d'après une méthode que nous décrirons prochainement en collaboration avec M. Bezssonoff.

lement supprimée par l'opothérapie (nous rappelons que chez le Cobaye normal, le taux de la créatine urinaire est de l'ordre de 0,7-1,1^{mg} par 100^{g} et 24 heures, et que chez le sujet thymiprive, il monte jusqu'à 2,5-3^{mg}).

Deuxième expérience : effet de doses variables d'extrait. Cobayes mâles, thymiprives, 170-200^{g}, recevant, à partir du 10e jour après l'opération, trois injections espacées de 48 heures chaque fois. Dosage de la créatine entre 24 et 48 heures après la dernière injection.

Tableau II.

Dose d'extrait (en g. de thymus frais par 100^{g} et 48 heures).	0.	0,03.	0,04.	0,05.	0,06.	0,08.	0,1.	0,12.	0,15.
Créatine....................	2,0	1,4	1,1	0,6	1,08	1,23	1,43	1,57	2,78

Des doses trop grandes d'extrait ont donc l'effet opposé par rapport à la dose suffisante pour l'opothérapie de substitution. Ce résultat paraît choquant à première vue. Cependant le cas n'est pas unique. Nous avons précédemment fait des remarques semblables au sujet de l'œstrone (4). Chez le Cobaye femelle castré qui excrète des quantités accrues de créatine, de petites quantités d'œstrone abaissent le taux de la créatine urinaire jusqu'à un niveau voisin de celui de la femelle normale en diœstrus; des doses plus fortes déterminent une créatinurie accrue, analogue à celle qui accompagne le rut. Sans nous imaginer d'avoir expliqué le phénomène par cette analogie, nous pouvons dire que le Cobaye thymiprive se comporte envers l'extrait du thymus comme le castrat envers l'œstrone.

Troisième expérience : effet du même extrait sur la créatinurie du Cobaye normal.

Tableau III.

Cobayes mâles 180-200^{g}, traités comme les animaux du tableau II.

Dose d'extrait (g. frais par 100^{g} et 24 heures).	0.	0,03.	0,04.	0,08.	0,15.	0,25.	0,3.	0,4.
Créatine.........	0,8	0,8	1,05	1,4	1,6	1,7	2,95	3,8

Chez le cobaye normal par conséquent, l'extrait de thymus ne détermine que l'augmentation de l'excrétion de créatine.

Quatrième expérience : effet de l'extrait sur des cobayes thymiprives, dont la créatinurie est maintenue basse par l'extirpation simultanée de la thyroïde (5) :

Dose d'extrait.	0.	0,05.	0,1.	0,15.	0,2.	0,25.	0,3.
Créatine cobayes thyréoprives...	0,6	0,5	0,9	0,93	1,32	1,75	2,8
Cobayes thymi-thyréoprives....	0,5	0,57	0,42	0,57	1,89	2,50	3,09

(4) *C. R. Soc. Biol.*, **139**, 1945, p. 1035; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **28**, 1946, p. 614.
(5) Cf. Comsa, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 227.

Chez le Cobaye thymi-thyréoprive, l'extrait de thymus détermine une augmentation notable de l'excrétion de créatine.

En résumé, nous pouvons distinguer deux aspects dans l'action de l'extrait de thymus sur la créatine urinaire du Cobaye :

En règle générale, il détermine une excrétion accrue.

Chez le Cobaye thymiprive, des doses appropriées d'extrait suppriment la créatinurie accrue que nous avons signalée dans ce cas. Cette action est à mettre en rapport avec l'effet de l'extrait sur la thyroïde qu'il met au repos.

En revanche, l'action des fortes doses d'extrait n'est pas liée à la présence de la thyroïde.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Présence de bourgeons prostatiques chez les fœtus femelles de Mulot* (Apodemus sylvaticus *L.*) *provenant de mères qui ont été ovariectomisées au cours de la gestation et qui ont reçu des injections de progestérone.* Note de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

La présence de deux ébauches prostatiques ventrales chez les fœtus femelles de Mulot a été rapportée précédemment [1]. L'expérience résumée dans la présente Note préliminaire a été entreprise pour rechercher si l'apparition de ces bourgeons prostatiques était due, ou non, à l'action d'une hormone masculinisante, libérée au cours de la gestation par les ovaires de la mère et pénétrant dans les fœtus après traversée placentaire.

Conditions expérimentales. — Quatre mulots (*A. sylvæmus sylvaticus*) gravides ont été capturés près du village de Vabre (Tarn); le jour de leur capture, je les ai ovariectomisés bilatéralement puis leur ai injecté, par voie sous-cutanée, des doses de 2,5 à 13^{mg},25 de progestérone (solution à 10^{mg} par cm^3 dans l'huile d'olive). La progestérone utilisée dans cette expérience est de la progestérone purissime, préparée spécialement par les laboratoires Roussel; son point de fusion F 130° et son pouvoir rotatoire $\alpha_D = +187°$. La première injection de progestérone a eu lieu immédiatement après la castration, les injections suivantes chaque deux ou trois jours (1/4 de cm^3 de la solution est administré à chaque injection); le premier mulot gravide ainsi traité a mis bas 3 jours après la castration; les trois autres femelles gravides ont été sacrifiées au voisinage du stade final de la gestation (évalué d'après la taille des fœtus déterminée par laparotomie et par la présence de sang dans l'orifice vaginal de la mère). Les conditions de cette expérience sont résumées dans le tableau ci-joint :

(1) A. Raynaud, *Ann. Endocr.*, 3, 1942, p. 216; *Bull. Soc. Zool. France*, 70, 1945, p. 162.

Désignation du Mulot gravide.	Dose totale (*) (mg).	Délai (**) (j).	Nombre et état des fœtus au moment du sacrifice.		Sexe du fœtus.	Poids du fœtus (mg).	Désignation du fœtus.
Mm 560...	2,5	3	4 nouv.-nés	3 vivants	♂	1490	NN_1 Mm 560
					♂	1430	NN_2 Mm 560
					♀	1580	NN_3 Mm 560
				1 mort	♂	1590	NN_4 Mm 560
Mm 557...	5	7	4 fœtus	3 vivants	♂	1352,0	F_1 Mm 557
					♂	1675,8	F_2 Mm 557
					♀	1288,3	F_3 Mm 557
				1 mort	♂(?)	1413,5	F_4 Mm 557
Mm 575...	7,5	7	2 fœtus vivants		♂	1470,2	F_1 Mm 575
					♀	1319,2	F_2 Mm 575
Mm 612...	13,25	10	3 fœtus vivants		♂	1475,8	F_1 Mm 612
					♂	1402,5	F_2 Mm 612
					♀	1342,6	F_3 Mm 612

(*) de progestérone injectée à la mère; (**) en jours écoulés entre la castration et le sacrifice.

L'étude histologique du tractus génital a révélé l'existence de deux bourgeons prostatiques latéro-ventraux chez chacun des quatre fœtus femelles de ces portées [2]; ces bourgeons épithéliaux (gauche et droit) mesurent respectivement 462^{μ} et 392^{μ} chez le nouveau-né NN_3Mm 560; 565^{μ} et 635^{μ} chez le fœtus F_3 Mm 557; 397^{μ} et 455^{μ} chez le fœtus F_2Mm 575; 442^{μ} et 432^{μ} chez le fœtus F_3Mm 612; cette longueur est donc comparable à celle (350 à 450^{μ}) des bourgeons prostatiques des mulots femelles nouveau-nés normaux, ou même légèrement supérieure.

Cette expérience montre donc que des bourgeons prostatiques ventraux bien développés existent chez les fœtus femelles de mulot provenant de mères castrées pendant la gestation, recevant des injections de progestérone purissime. Ce résultat peut s'interpréter de deux façons : ou bien les sécrétions ovariennes de la mère, au cours de la gestation, ne sont pas nécessaires au développement des bourgeons prostatiques des fœtus femelles; ou bien la progestérone injectée à la mère a été capable de provoquer le développement des bourgeons prostatiques des fœtus femelles. Dans ce dernier cas, étant donné que la progestérone injectée aurait pu jouer, vis-à-vis des ébauches prostatiques des fœtus, le même rôle que la sécrétion naturelle des corps jaunes, on ne peut rien inférer quant au rôle possible des sécrétions ovariennes au cours de la gestation.

Les diverses constatations [3] effectuées dans cette expérience ne permettent

---

(2) Un troisième bourgeon (150^{μ} de long) existe chez F_2Mm 575.

(3) La progestérone purissime injectée ne semble avoir eu qu'un faible effet androgène : la prostate de la mère Mm 557, qui a reçu 5^{mg} de progestérone, est dans un état atrophique (tubules étroits, épithélium bas); celle de la femelle Mm 575 présente une légère stimulation; c'est seulement chez la femelle Mm 612, qui avait reçu $13^{mg},25$ d'hormone, que

pas de décider entre les deux interprétations précédentes; cependant elles sont plutôt en faveur de la deuxième des hypothèses que j'ai présentées en 1945 ([1]), à savoir que ce serait l'embryon femelle lui-même qui produirait une substance à action masculinisante, provoquant normalement (par voie hormonale ou peut-être par action locales) le développement de substances diffusibles de deux bourgeons prostatiques.

CHIMIE MICROBIOLOGIQUE. — *Méthode de dosage rapide de la pénicilline et de la streptomycine.* Note de MM. **Georges Sanchez** et **André Lamensans**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les techniques de dosage connues de la pénicilline et de la streptomycine sont délicates ou longues. Nous présentons ici une méthode qui, en conservant et même en augmentant la précision et la sensibilité des précédentes, s'avère d'une grande simplicité.

Ayant observé que la pénicilline et la streptomycine inhibaient à très faibles doses la multiplication du *Lactobacillus bulgaricus*, nous avons pensé tirer profit de cette observation et nous avons mis au point la technique rapportée dans cette Note.

Elle est basée sur les variations de pH du milieu, variations dues à la formation d'acide lactique quand le microbe se développe.

Le milieu utilisé est le lait de vache, écrémé. Nous diluons ce milieu simple, ce qui diminue le pouvoir tampon du lait et augmente sa sensibilité aux variations de pH. Nous effectuons la dilution suivante :

Lait écrémé de vache	20^{cm^3}
Eau bidistillée	80^{cm^3}

Les tubes de lait ainsi dilués sont stérilisés à 115° pendant 15 minutes.

La souche employée fut isolée d'un Yohourth. Elle montre tous les caractères du *Lactobacillus bulgaricus* de Luasen et Kühn, dénommé encore *Thermobacterium bulgaricum* par Orla Jensen. Cette souche est désignée par les initiales B. B. Y.

---

l'épithélium prostatique est élevé; d'autre part, bien que la dose de progestérone injectée aux mères Mm 557 et Mm 612 varie du simple au double, les bourgeons prostatiques des fœtus présentent un développement sensiblement comparable. En outre, quelques caractères de masculinisation ont été décelés chez le fœtus F_2 Mm 575, mais ils ne s'observent pas (ou seulement à un degré extrêmement faible) chez les autres fœtus, qui ont cependant des ébauches prostatiques très développées; mais il est possible que la progestérone injectée à la mère ait provoqué un léger hyperdéveloppement des bourgeons prostatiques, dont le développement principal se serait effectué indépendamment de l'action de cette hormone; cette possibilité rendrait compte du développement assez important du troisième bourgeon prostatique observé chez F_2 Mm 575. Enfin les ébauches des glandes de Cowper de ces mêmes fœtus femelles sont restées dans un état sensiblement rudimentaire (la longueur de leurs bourgeons épithéliaux reste comprise entre 90 et 160^{μ}).

L'indicateur de pH est un mélange de rouge de méthyle et de bleu de méthylène.

Nous rapportons ci-dessous, à titre indicatif, les résultats d'un essai :

Des tubes contenant 10^{cm^3} de milieu au lait stérile sont ensemencés avec $0^{cm^3},1$ d'une culture de 24 heures sur lait, de la souche B. B. Y.

a. Dix tubes servent de témoins.

b. Dans sept autres tubes, avant ensemencement, nous introduisons respectivement 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1; 5 unités Oxford de pénicilline.

c. Dans six autres tubes, nous introduisons de même 1, 2, 3, 5, 10, 15 unités Waksmann de streptomycine.

Tous les tubes sont mis au bain-marie à 45°C.

De 30 minutes en 30 minutes, nous prélevons un des tubes témoins et nous y ajoutons 2 gouttes de l'indicateur de pH pour suivre l'évolution du développement microbien (voir tableau ci-dessous).

Temps en heures...	0,30.	1.	1,30.	2.	2,30.	3.
Coloration.....	vert	vert	vert	gris	rose	rouge
Coagulation....	o	o	o	–	o	+

Après 2 h. 30 mn de séjour à 45°, tous les tubes restants sont retirés, chacun d'eux reçoit 2 gouttes d'indicateur, les résultats sont les suivants : voir tableau ci-dessous.

Unités Oxford de pénicilline dans 10^{cm^3} de milieu.	Coloration des tubes.	Unités Waksmann de streptomycine dans 10^{cm^3} de milieu.	Coloration des tubes.
0...............	rose	0...............	rose
0,1...............	rose	1...............	gris
0,2...............	rose	2...............	gris vert
0,3...............	gris	3...............	vert
0,4...............	gris vert	5...............	vert
0,5...............	vert	10...............	vert
1,0...............	vert	15...............	vert
5,0...............	vert		

Dans tous les tubes où la multiplication des germes a été inhibée par l'antibiotique, le milieu est coloré en vert, dans ceux où il y a eu un commencement de développement, le milieu est gris, il est rouge dans les tubes où la concentration d'antibiotique était insuffisante pour inhiber la multiplication du B.B.Y.

La méthode permet donc de déceler nettement 0,4 unité Oxford de pénicilline et 2 unités Waksmann de streptomycine.

Le principe du dosage consiste à introduire dans le milieu au lait avant ensemencement :

d'une part, à une série de tubes, 1^{cm^3} de dilutions successives de l'antibiotique étudié,

d'autre part, à une autre série, des quantités connues d'antibiotique étalon. Après un séjour de 2 heures 30 à 45°C., on ajoute l'indicateur de pH et l'on compare les colorations obtenues.

Cette technique, dont les détails seront donnés par ailleurs, permet un dosage rapide des deux antibiotiques. De plus, elle est d'un emploi extrêmement facile, n'utilisant qu'un milieu très simple. En outre, le microbe employé n'est pas pathogène et peut être manipulé aisément.

Elle donne des résultats absolument constants, ce qui montre sa fidélité. Quant à sa sensibilité, elle est nettement supérieure à celle des méthodes employées actuellement, surtout pour la streptomycine.

SÉROLOGIE. — *Sur le signe électrique des protéines sériques.* Note de M. **Augustin Boutaric** et Mlle **Simone Fabry**, présentée par M. Léon Binet.

Ayant pu disposer de sérum-albumine, de globuline, de myxoprotéine et des protéines totales extraites d'un sérum de bœuf par M. Maurice Piettre à l'aide de sa belle méthode de l'acétone à froid, il nous a paru intéressant d'étudier le signe électrique de ces diverses protéines au contact de l'eau.

Électrophorèse directe. — L'électrophorèse a été effectuée dans un tube en U dont les deux branches étaient munies de robinets situés à la même hauteur. La solution protéique à 1 % étant introduite dans le tube jusqu'au niveau des deux robinets, ceux-ci étaient fermés et au-dessus de chacun d'eux on versait le même volume de solvant. Après avoir introduit deux électrodes de platine et ouvert les deux robinets, on mettait les électrodes en relation avec les pôles d'une batterie d'accumulateurs à 110 V.

La sérum-albumine était dissoute dans l'eau bidistillée : le passage du courant ($i = 0{,}05$ mA) s'accompagne de la formation dans la branche négative d'un anneau opalescent qui descend, puis remonte très lentement jusqu'au-dessus du robinet, indiquant le transport de la sérum albumine vers la cathode. Les diverses réactions des protéines opérées sur des prélèvements pratiqués dans les deux branches au-dessus des robinets révèlent la présence d'albumine dans le compartiment cathodique et son absence totale dans le compartiment anodique. Le transport électrique s'effectue dans le même sens lorsque l'albumine est dissoute dans une solution N/100 de ClNa; cependant on n'observe alors la formation d'aucun trouble dans la branche positive du tube.

La globuline et la myxoprotéine se dissolvent rapidement dans une solution centinormale de soude et demeurent en suspension stable après neutralisation de la soude par ClH, en sorte que les deux protéines sont alors dissoutes dans une solution centinormale de ClNa. L'électrophorèse ($i = 5$ mA) indique dans ces deux cas un déplacement vers le compartiment anodique où les protéines floculent au voisinage du robinet.

Les protéines totales dissoutes dans l'eau bidistillée révèlent par électrophorèse ($i = 0{,}12$ mA) un déplacement de l'ensemble des protéines vers l'anode où elles floculent au-dessous du robinet; aucune trace de protéines n'a pu être décelée dans le compartiment cathodique.

Fixation des colorants colloïdaux. — La particule protéique en solution ne fixe un granule colloïdal coloré que si son signe électrique est contraire à celui du granule. Pour une région bien déterminée du spectre, soient δ_0 la densité optique de la solution d'une matière colorante colloïdale de concentration c et δ_1 la densité optique de la solution protéique de concentration s. Soit δ la densité optique d'un mélange à volumes égaux d'une solution de la matière colorante de concentration $2c$ et d'une solution protéique de concentration $2s$, ce qui fournit une solution mixte dans laquelle la matière colorante existe sous la concentration c et la protéine sous la concentration s. Si la matière colorante se fixe sur la protéine, on aura $\delta < \delta_0 + \delta_1$. Si au contraire la matière colorante ne se fixe pas sur la protéine, on devra avoir $\delta \geq \delta_0 + \delta_1$.

Comme matière colorante nous avons utilisé le bleu victoria à granules positifs et l'induline à granules négatifs soigneusement débarrassés par dialyse de toute impureté saline.

Les mesures de densités optiques effectuées avec le spectrophotomètre à mesure visuelle de Jobin et Yvon et avec l'électrophotomètre Meunier confirment les résultats fournis par l'électrophorèse. Pour la sérum-albumine dissoute dans l'eau bidistillée aussi bien que dans ClNa N/100, les particules se comportent comme si elles possédaient une charge positive. La globuline et la myxoprotéine, soit en suspension dans l'eau bidistillée, soit en solution dans ClNa N/100, se comportent comme si leurs particules étaient négatives; il en est de même pour les protéines totales.

Conclusion. — En résumé : en solution dans l'eau bidistillée aussi bien qu'en présence de ClNa N/100, la sérum-albumine se comporte comme un colloïde positif, tandis que la globuline, la myxoprotéine et les protéines totales se comportent comme des colloïdes négatifs.

Les résultats précédents permettraient d'expliquer pourquoi, d'après les observations de Maurice Piettre [1], la sérum-albumine dont les propriétés sont légèrement basiques, fixerait seule le pigment biliaire ou la bilirubine à fonction acide (électro-négatifs), dans les sérums ictériques provenant notamment des sujets cancéreux traités par la méthode à l'acétone, tandis que dans les sérums hémolysés, les deux autres protéines, surtout la sérum-globuline, fixent l'hémoglobine électro-positive.

A $15^h 50^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

A. Lx.

---

(1) *Biochimie des protéines*, Paris, p. 139.